

# LA INVESTIGACIÓN APASIONADA



Pierre Joliot



Primera edición en francés, 2001

Primera edición en español, 2004

---

Joliot, Pierre

La investigación apasionada / Pierre Joliot ; trad. de Consol Vilà — México : FCE, , 2004

105 p. ; 23 x 17 cm — (Colec. Sección de Obras de Ciencia y Tecnología)

Título original: *La recherche passionnément*

ISBN 968-16-7292-5

1. Física 2. Filosofía del conocimiento 3. Ciencia - Historia 4. Ciencia - Investigación I. Vilà, Consol, tr. II. Ser III. t

LC Q180.5 .J65 Dewey 507.2 J 842i

---

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra  
—incluido el diseño tipográfico y de portada—,  
sea cual fuere el medio, electrónico o mecánico,  
sin el consentimiento por escrito del editor.

Agradecemos sus comentarios y sugerencias al correo electrónico  
[laciencia@fce.com.mx](mailto:laciencia@fce.com.mx)

Conozca nuestro catálogo en  
<http://www.fondodeculturaeconomica.com>

Título original:  
*La recherche passionnément*

Publicado por  
Éditions Odile Jacob, 15 Rue Soufflot, 75005 Paris  
© 2001  
ISBN 2-7381-0940-3

D. R. © 2004, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA  
Carretera Picacho-Ajusco 227, 14200, México, D. F.

ISBN 968-16-7292-5

## A ANNE, mi esposa



## INTRODUCCIÓN

Mi idea de lo que es la investigación ha estado profundamente marcada por mi educación en el seno de una familia en la que la investigación se ha practicado a lo largo de dos generaciones, la de mis abuelos, Pierre y Marie Curie, y la de mis padres, Frédéric e Irène Joliot-Curie. Mis orígenes familiares no me confieren ninguna legitimidad específica, a no ser la de poder atestiguar, a título personal o por terceros, de una experiencia y de una práctica de la investigación que se remontan a más de un siglo. Fui educado en el respeto de los valores que se tenían por esenciales en esa época. Hoy en día, esos mismos valores se consideran obsoletos e incluso, a veces, se les acusa de ser un obstáculo para el desarrollo de una investigación moderna y competitiva.

Después de haber pasado casi medio siglo dedicado a la investigación, y de seguir practicándola con la misma pasión de siempre, quisiera hacer algunas observaciones sobre la evolución que esta práctica ha experimentado al entrar en contacto con las sucesivas transformaciones que marcaron el siglo pasado. Al lector corresponderá juzgar si tales reflexiones contienen una semilla de futuro o si expresan sólo la nostalgia de una juventud más hermosa que el tiempo presente. En efecto, siento cierta inquietud, incluso cierta rebeldía, ante la degradación de las condiciones de trabajo que los investigadores deben afrontar, en especial los más jóvenes. La carrera desenfundada, a corto plazo, hacia una eficacia, una competitividad y una rentabilidad cada vez mayores, principal característica de nuestras sociedades liberales, interfiere progresivamente en las modalidades organizativas de la investigación. En última instancia, una política de este tipo puede inhibir nuestras capacidades de innovación y descubrimiento y, aunque parezca paradójico, resultar contraproducente puesto que disminuye la eficacia de nuestro dispositivo de investigación.



Frente a los progresos del conocimiento y la tecnología, es evidente que las condiciones de trabajo del investigador han cambiado y seguirán cambiando de forma radical. Por todo ello es imprescindible que las modalidades organizativas de la investigación se adapten a su evolución permanente, pues ha dejado de ser una pasión reservada a algunos privilegiados para convertirse en un oficio como cualquier otro. El siglo pasado se ha caracterizado por un crecimiento casi exponencial del número de investigadores, que no se ha frenado hasta hace algunos decenios. La mayoría de los investigadores que se han forjado un nombre en la historia, aún siguen activos. El pesado engranaje de medios humanos y materiales que entran en juego a la hora de investigar, limita la libertad de acción e iniciativa de los investigadores; y además implica la existencia de una administración cada vez más coercitiva. So pretexto de anticipar una evolución que se acelera día a día, algunos se entregan a una huida hacia adelante que puede conducirlos a sacrificar los valores fundamentales de la investigación. Me gustaría hacer hincapié en los peligros que representa una política de este tipo.

Mi propósito general parte del convencimiento de que la investigación comporta y comportará siempre una parte no desdeñable de creatividad. Investigar es para mí realizar una forma de actividad artística; como tal, se parte de la creatividad, a la que se añade un elevado nivel de competencia técnica. Ahora debo precisar qué entiendo por "creación" en el ámbito científico. La noción de creación se asocia, en el imaginario del público y en el de muchos investigadores, a un acto excepcional, al "descubrimiento" susceptible de inducir lo que los filósofos llaman una "ruptura epistemológica". Este tipo de hallazgos, que han caracterizado la historia de la ciencia en los siglos precedentes, han sido siempre acontecimientos raros que no han implicado más que a un reducido número de individuos excepcionales. A raíz de los progresos realizados en materia de conocimiento y del aumento de la población de investigadores, disminuye la probabilidad de que una persona se convierta en autora de un descubrimiento de ese tipo. Los biólogos de mi generación atestiguaron un mayor número de hallazgos importantes en el curso de los 10 primeros años de su vida cientí-

fica, que durante el resto de su carrera. Así, en el decenio de 1950-1960, en el cual hice mis primeras armas en la investigación, asistí a la elucidación de los mecanismos fundamentales de la herencia y la síntesis de las proteínas. Gracias a la teoría químico-osmótica de Peter Mitchell se establecieron en esos mismos años las bases conceptuales de la bioenergética, mi campo de investigación.

Hoy en día, el peligro que acecha a los investigadores es llegar a la conclusión de que no hay nada más por descubrir. La historia de la ciencia nos enseña que, incluso las teorías más sólidamente fundamentadas, serán un día evaluadas de nuevo, perfeccionadas, e incluso invalidadas. En un ámbito de investigación en plena expansión como es el de la biología, constatamos que cualquier avance en el nivel de conocimientos genera el mismo número de preguntas que de respuestas. Estoy convencido de que en biología, como en la mayoría de las disciplinas, lo que se ha descubierto hasta ahora representa únicamente una mínima parte de lo que queda por descubrir.

Periódicamente se nos anuncia que ciertas disciplinas científicas son ya obsoletas y, a causa de estos juicios precoces, se cometen errores estratégicos de consecuencias nefastas. Asistimos a la destrucción sistemática de procedimientos y aptitudes que requerirán muchos años en ser reelaborados. La mayoría de las veces, los progresos en otros campos científicos permiten renovar las disciplinas en declive. Éste es el caso de la sistemática, que se ocupa de la clasificación de los seres vivos, y que en los años cincuenta se convirtió en el símbolo de una ciencia retrógrada.

Actualmente, gracias a la caracterización de los genomas, que fue posible gracias al auge de la biología molecular, esta disciplina ha vuelto a nacer. Lo mismo ha ocurrido con la radiactividad, considerada a principios de los años veinte del siglo XX una ciencia moribunda, cuya ambición se limitaba a precisar datos cuantitativos, como por ejemplo, el periodo de vida de los radioelementos naturales. Sin embargo, esta disciplina era portadora de una de las mayores revoluciones científicas de nuestro siglo, que nos permitiría comprender y dominar el funcionamiento del átomo.

Estoy convencido de que los investigadores de hoy en día —ya sea



que se interesen por las nuevas disciplinas o por las tradicionales— tienen ante sí campos de investigación casi ilimitados, y éstos les permitirán expresar toda su creatividad. Debemos ser conscientes de que la mayor parte de los futuros progresos científicos tan sólo estará relacionada con ciertos campos restringidos de conocimiento, y que los hallazgos susceptibles de trastornar nuestra concepción del mundo serán una excepción. Me parece fundamental, hoy más que ayer, convencer a los jóvenes investigadores de que se puede ejercer una práctica creativa en diversos niveles, y que esto no concierne únicamente a un número muy limitado de seres excepcionales. Se trata de una actitud de espíritu accesible a muchos, por más que se deje a cada cual la oportunidad de expresar la originalidad que lleva dentro. Como en cualquier expresión artística, la pintura por ejemplo, existe un *continuum* entre la obra de un Rembrandt y la de un simple pintor aficionado, por lo demás respetable. La belleza de nuestro oficio reside en el hecho de que los progresos de la ciencia no se basan exclusivamente en los hallazgos de algunos genios excepcionales, sino también en la actividad creativa más modesta que un gran número de investigadores practica a diario. Esta creatividad se manifiesta tanto en la concepción y realización de experiencias y en la elaboración de modelos interpretativos, como en el desarrollo de instrumentos originales. Así, aunque ninguna de mis contribuciones haya representado una revolución importante en el campo de la biología, pienso que he sido un investigador creativo.

Una ambición intelectual desmesurada puede paralizar a aquellos jóvenes investigadores que se hayan fijado como objetivo final “el” o “los” descubrimientos más importantes. En estos casos, están condenados a un sentimiento permanente de frustración que puede conducirlos a la esterilidad. En cambio, el deseo de dar muestras de originalidad en un nivel más modesto, y el buen dominio de los aspectos técnicos del trabajo, nos permite llevar una vida científica más equilibrada y gratificante.

Una actitud creativa implica privilegiar, al menos provisionalmente, un enfoque intuitivo antes que un enfoque lógico, que raras veces puede generar ideas nuevas. Sean cuales fueren los ámbitos científi-

cos, el enfoque lógico debe intervenir *a posteriori* para confirmar o rechazar una idea original. Incluso en el campo de las matemáticas, en el cual el rigor desempeña un papel fundamental, Henri Poincaré privilegiaba el enfoque intuitivo como el único capaz de hacer progresar el conocimiento. La importancia y los límites de la lógica en las matemáticas y en el conjunto de las ciencias quedan resumidos en esta sentencia lapidaria de otro famoso matemático, André Weil: “La lógica es la higiene de las matemáticas, no su alimento.”

Frente a una investigación cuyo objetivo principal consiste en innovar, no subestimo para nada la importancia de una investigación que privilegie lo cuantitativo por encima de lo cualitativo. Estas investigaciones, al poner en práctica un enfoque experimental repetitivo fundamentado en firmes bases conceptuales, también constituyen un factor esencial de progreso. El desciframiento en curso del genoma humano y del genoma de animales, plantas o bacterias, es un buen ejemplo de ello. La mayoría de las veces, en estos campos la innovación no pretende elaborar nuevos conceptos sino más bien desarrollar técnicas originales, automatizadas, para la recolección de un mayor número de datos experimentales. Los conocimientos así adquiridos permiten establecer bases sólidas que serán el punto de partida de una investigación más creativa. El desarrollo de tales investigaciones no me preocupa en lo más mínimo, ya que son fáciles de programar y evaluar, y además cuentan con el apoyo de las estructuras financieras públicas o privadas. Creo que frente a estas posturas, que corren el riesgo de invadir poco a poco la totalidad de los campos científicos, es indispensable preservar “nichos ecológicos”<sup>\*</sup> en los cuales pueda seguir existiendo una investigación creativa.

Toda investigación, si se lleva a cabo como una actividad creadora, posee necesariamente un carácter lúdico. Ésta genera una dialéctica sutil, en la cual alternan las fases de interpretación y de teorización, y los periodos de concepción y de realización de experiencias destinadas a probar la validez de un modelo determinado. Al final, las respuestas que la naturaleza nos da suelen ser inesperadas, con lo que se

\* “Nicho ecológico” es el lugar que ocupa una especie animal en un ecosistema, en función de su forma de nutrición y de sus relaciones con las otras especies. [T.]



inicia de nuevo el proceso de reflexión y de interpretación. Se trata del juego del escondite, en el que hay que descubrir el enigma escondido por la naturaleza. Sería una discusión estéril tratar de oponer los méritos de cada uno de los enfoques, teórico y experimental, en el proceso de la creación científica. Y más, cuando constatamos que los grandes teóricos han sabido, en todo momento, aprehender las riquezas de la experiencia y sacar el máximo provecho de la misma. De igual manera, un enfoque experimental que no desemboque en un intento de interpretación, está condenado al fracaso. Los "medidores", cuya ambición se limita, por ejemplo, a mejorar de algunas décimas la precisión de una determinada medida, raras veces son los "descubridores". Una condición necesaria a la expresión de la creatividad consiste en la confrontación permanente entre la teoría y la experiencia. Cada uno de nosotros, en función de sus gustos y aptitudes, deberá privilegiar un enfoque u otro, pero no podrá omitir ninguno de los dos.

Hay que añadir al juego intelectual que resulta de la confrontación permanente entre los modelos teóricos y la realidad, el placer físico que muchos obtenemos gracias a la práctica experimental. Una experiencia bien planificada y bien realizada procura un placer comparable al que siente el artesano ante un trabajo bien hecho. Además, la práctica de la investigación nos procura un placer estético, y aunque esto sea más evidente en las ciencias que establecen un contacto directo con la naturaleza, también lo es en otros campos insospechados. Pierre y Marie Curie, sin ser conscientes de los riesgos que estaban corriendo, admiraban en la penumbra de su laboratorio la extraña luminiscencia procedente de un recipiente que contenía radio. La representación de una función matemática, los haces producidos por un acelerador de partículas o una reacción química, pueden ser de gran belleza. En lo que a mí se refiere, siento un infinito placer al descubrir las figuras complejas e inesperadas que aparecen en la pantalla de mi computadora, que traducen de forma simbólica las múltiples reacciones del aparato fotosintético, objeto de mis investigaciones.

Con esto, he intentado resumir el mensaje fundamental que mis padres me legaron. La investigación debe ser, ante todo, un juego y un placer.

No había nada que ofuscara tanto a mi madre como la imagen que a menudo se daba de sus padres ("sabios mártires de la ciencia"), Pierre y Marie Curie. He aprendido que los obstáculos no se salvan usando la fuerza, sino al contrario, evitándolos, intentando múltiples vías de aproximación, y dando muestras de una gran imaginación, esto es, "jugando" con el problema en cuestión. Sin embargo, estoy obligado a reconocer que, cuando era alumno de primaria o de bachillerato, me parecía que este propósito daba una imagen idealizada de la ciencia. Como debía enfrentarme a los logros excepcionales de las dos generaciones de científicos que me precedían, el éxito en el campo científico se medía para mí, en aquel entonces, en términos de descubrimientos que la comunidad científica, e incluso fuera de ella, reconociera como sobresalientes. Evidentemente, un triunfo de este tipo me parecía fuera de todo alcance. Después de haber pasado mi primera semana haciendo investigación experimental, me convencí de que este oficio me daría el placer y la satisfacción necesarios para que el deseo de reconocimiento, y su carácter tan a menudo irrisorio, pasaran a un segundo plano. Muy posiblemente, este aspecto lúdico de la ciencia y el goce que se deriva de él me permitieron olvidar, desde mis primeras tentativas científicas, el lastre que representaba para un investigador primerizo saber que no podría hacerlo tan bien como sus padres y sus abuelos. Medio siglo más tarde, gracias a la curiosidad que procura el hecho de proseguir un juego siempre renovado, sigo practicando este oficio con el mismo entusiasmo y el mismo placer, e incluso suscito la mirada irónica, aunque indulgente, de mis jóvenes colaboradores.

Creo que el abandono de valores que actualmente se consideran obsoletos o idealistas, es uno de los factores responsables de la crisis de las vocaciones científicas que aqueja a los países industrializados. Si se adoptan los ideales de la sociedad liberal y se establece como objetivo último que todo investigador debe convertirse en *manager* o en un empresario a la cabeza de un grupo de ejecutantes librados a una competencia a toda prueba, no veo qué podría atraer a un joven de talento hacia nuestro oficio. Convertirse en investigador supone realizar estudios largos y difíciles, y pasar por una selección especialmente rigurosa. El mundo empresarial, al privilegiar el espíritu de competen-



cia, ofrece carreras de más fácil acceso y mejor remuneradas. Si eliminamos de la investigación los componentes lúdicos y estéticos, es decir, si suprimimos la parte de fantasía que contiene, jamás podremos luchar en igualdad de condiciones para atraer a las inteligencias fuera de lo común. Si bien es cierto que la visión de una ciencia pura y desinteresada es una utopía ya superada, también lo es el hecho de que el afán de lucro no representará nunca la principal motivación del investigador. Por una parte, la investigación actual corre el riesgo de no captar a los mejores estudiantes —que las escuelas de élite seleccionan a través de sus exámenes de acceso—, y por otra parte, de seducir a personalidades marginales, a “artistas”, para quienes los valores que se deben priorizar son distintos de los que dominan actualmente en nuestra sociedad.

La actividad creadora se ha rebelado siempre contra cualquier lógica de tipo organizativo. Una organización científica demasiado racional, que tiende a optimizar el rendimiento de las inversiones concedidas, puede convertir en estéril nuestro dispositivo de investigación puesto que lo que se pretende es eliminar, con la misma eficacia, tanto las ramas improductivas como las personalidades fuera de lo común, quienes, por el hecho de serlo, son difíciles de evaluar. A continuación voy a intentar demostrar que la evolución seguida hasta hoy, al privilegiar la eficacia y la competitividad a corto plazo, puede conducirnos a un debilitamiento de las capacidades de innovación y de creación, y en definitiva acabar con una selección de alta calidad.

## I. LA INVESTIGACIÓN FUNDAMENTAL Y LA INVESTIGACION APLICADA

EN NUESTRA SOCIEDAD se alegan razones de dos tipos para promover el desarrollo de las actividades de investigación. La primera, de orden cultural: permitir que avance la comprensión del mundo que nos rodea. Este patrimonio cultural, que se enriquece constantemente por los progresos realizados en investigación fundamental, también comprende la evolución de nuestro entorno tecnológico. La segunda razón, a la que las políticas prestan más atención, destaca los beneficios que se pueden esperar de los avances en materia de conocimiento, así como de los progresos tecnológicos que se derivan de los mismos.

Un desarrollo armónico de la investigación representa todo un flujo de actividades que van desde la investigación fundamental hasta los programas tecnológicos, pasando por la investigación por objetivos y la investigación aplicada. Estos distintos tipos de investigación presentan características específicas que me parece importante subrayar.

La *investigación fundamental* tiene ante todo el objetivo de hacer progresar el conocimiento en todos los ámbitos de la ciencia, sin excepción alguna. Este tipo de investigación, de tendencia básicamente cognitiva, sólo se puede llevar a cabo en un clima de libertad intelectual. Esta libertad se refiere tanto a los temas de investigación como a los enfoques adoptados.

La *investigación por objetivos* tiene como propósito responder a las necesidades concretas de la sociedad en aquellos campos en que las bases conceptuales de que se dispone son todavía insuficientes. Se trata, por así decirlo, de una forma híbrida de investigación: se pretende que el conocimiento progrese, pero al mismo tiempo se definen muy bien los objetivos a alcanzar. Podemos poner como ejemplo la investigación sobre el cáncer o, actualmente, la investigación sobre el prión, causante de la enfermedad de las “vacas locas”. Para la biología, plan-



tearse los procesos por los cuales una proteína tiene un carácter infeccioso, independientemente de cualquier material genético, representa abordar una problemática totalmente nueva desde un punto de vista conceptual. La investigación por objetivos, mediante la implantación de programas ambiciosos, aunque prematuros, ha ocasionado a menudo pérdidas muy costosas para la sociedad.

Y para terminar, la *investigación aplicada* es una investigación de tipo tecnológico, cuya meta es convertir en aplicaciones concretas aquellos conocimientos adquiridos en el marco de la investigación fundamental o por objetivos. En general se trata de investigaciones a corto plazo que se fundamentan en bases conceptuales establecidas de antemano. En la medida de lo posible, este tipo de investigaciones debe llevarse a cabo en estrecha relación con el mundo de la industria agroalimentaria o médica, susceptible de sacar provecho de los avances tecnológicos que se han efectuado.

Nadie podrá negar que la investigación fundamental, la investigación por objetivos y la aplicada se fecundan mutuamente. Las grandes revoluciones tecnológicas se basan, a menudo, en los descubrimientos de la investigación fundamental, cuyo único objetivo era hacer avanzar el conocimiento. Del mismo modo, la investigación fundamental no podrá progresar a menos que se apoye en los instrumentos cada vez más sofisticados que el progreso tecnológico pone a nuestro alcance. Además, tanto la investigación aplicada como por objetivos pueden generar hechos inesperados y de este modo abrir nuevas vías a la investigación fundamental. Uno de los puntos débiles del dispositivo de investigación francés es la insuficiencia de interacciones y transferencias de conocimientos entre la investigación fundamental y la aplicada. Sin embargo, la necesidad de fomentar intercambios más estrechos no debe conducirnos a negar las profundas diferencias que las separan, tanto en la práctica cotidiana del oficio de investigador como en el plano organizativo.

El aumento constante del costo de la investigación incita a quienes tienen la capacidad de decisión política o económica en sus manos, a justificar las inversiones importantes en materia de investigación en términos de rentabilidad económica o, como mínimo, en términos

de beneficio de cualquier tipo para la sociedad. De este modo, tienen la tentación de privilegiar las investigaciones supuestamente rentables en detrimento de una investigación cuya única vocación es el progreso del conocimiento. Frente a las dificultades de financiamiento que tienen los investigadores, éstos caen en la tentación de justificar una investigación cognitiva mediante promesas de aplicaciones a corto plazo, aunque ellos mismos las consideren irrealistas. Tal actitud me parece inaceptable desde un punto de vista ético, además de peligrosa en el plano político. En efecto, las promesas inconsecuentes que no se han cumplido, provocan la pérdida de credibilidad de los científicos y la ciencia a los ojos de la opinión pública. Además, sería un error subestimar a los políticos que se aprovechan de su relativa incompetencia en el campo científico para "vender" proyectos irrealizables, de cuya ineficacia podrán ellos mismos percatarse rápidamente. Me parece más honesto, así como más eficaz, defender la investigación fundamental por lo que es. Debería bastarnos el reflexionar sobre las experiencias del pasado para darnos cuenta de que la mayoría de las revoluciones tecnológicas han sido generadas por las investigaciones que tenían por única motivación el progreso en materia de conocimiento.

He podido sopesar en mi propio campo las consecuencias nefastas de los efectos de moda que la sociedad impone por una necesidad apremiante. Después de más de 40 años me intereso en el estudio de los mecanismos fundamentales de conversión de la energía solar en energía química en el dispositivo de fotosíntesis de las algas y plantas verdes. El proceso de fotosíntesis desempeña un papel fundamental en el equilibrio de la biosfera, ya que es el encargado de asegurar la renovación del oxígeno atmosférico y la síntesis de los productos carbonados que todos los seres vivos consumen. La comprensión de los mecanismos de conversión de energía y de transferencia de electrones, que se producen en el seno de los organitos que contienen clorofila —los llamados cloroplastos—, plantea interrogantes en el límite de la frontera entre la biología y la física experimental y teórica.

Cuando tuvieron lugar las primeras crisis petroleras, el interés por el desarrollo de fuentes de energía renovables se convirtió en la prioridad de este campo de investigación. Entonces, en todos los países



industrializados surgió gran cantidad de programas dotados de todos los medios necesarios, cuyo objetivo era apoyar las investigaciones sobre la fotosíntesis y sobre otras fuentes de energía renovables. Este maná financiero permitió la creación de laboratorios especializados así como la aparición de proyectos que en su gran mayoría eran irrealistas. Podemos citar, entre éstos, la utilización del dispositivo de fotosíntesis como generador de electricidad, la adaptación de las algas a la producción de la masa de hidrógeno gaseoso, o la producción de petróleo sintetizado por ciertas algas en forma de microinclusiones.

Estos proyectos tenían más de ciencia-ficción que de realidad económica, pero en ausencia de una evaluación objetiva, fueron muy bien financiados. Debemos reconocer que, en medio del entusiasmo general, se apoyó un número limitado de programas de investigación cognitiva de buena calidad, con la reserva de que la parte de financiamiento que se les otorgaba fuera mínima. El simple sentido común, además de una estimación aproximada de la rentabilidad económica de estos proyectos, habría permitido evitar que se cometieran los errores más flagrantes. Ante la ausencia de resultados tangibles, se agotaron las fuentes de financiamiento, y algunos laboratorios que se habían creado a toda prisa debieron cerrar sus puertas. Desde entonces, la caída del precio del petróleo se tradujo, equivocadamente, en un desinterés por el desarrollo de las energías renovables. Actualmente, creo que es insuficiente el esfuerzo que se dedica a nuestro campo de investigación. El dispositivo de fotosíntesis representa, sin lugar a dudas, un objeto privilegiado cuyo estudio debería permitirnos una mejor comprensión de los mecanismos complejos, los procesos respiratorios o de fotosíntesis encargados de la alimentación de energía en los seres vivos. Este proceso también representa un modelo maravilloso para el estudio de las reacciones que se producen en el ámbito de las membranas biológicas, componentes esenciales de cualquier célula viva. Sin duda, este campo de investigación merecería que se le prestara mayor atención y esfuerzo del que se le dedica actualmente.

El programa de investigación sobre el cáncer, lanzado hace 20 años en EUA bajo la presidencia de Richard Nixon, es ejemplo de un programa voluntarista mucho más costoso e inútil para la sociedad, la

motivación del cual era, sin embargo, aceptable. El presidente Nixon, movido por el éxito del programa Apolo que desembocó en la conquista de la Luna, decidió lanzar en 1971 un ambicioso programa, el Programa Nacional contra el Cáncer, presentado como una auténtica declaración de guerra y en el cual invirtió la suma total de 25 mil millones de dólares, cantidad que en esa época correspondía al presupuesto global que recibieron durante diez años los organismos públicos de investigación en Francia. No nos queda más remedio que constatar que este esfuerzo colosal no se tradujo en EUA en una disminución de la tasa de mortalidad debida al cáncer, y que tampoco permitió que las posibilidades de tratamiento de esta enfermedad aumentaran de forma progresiva. Los verdaderos obstáculos se sitúan en el nivel de nuestros conocimientos básicos en el campo de la biología celular, y sólo cabe esperar progresos si se apoya la investigación en biología fundamental en todos los sentidos.

Los ejemplos del SIDA, particularmente angustioso, o el de la enfermedad de las "vacas locas" más recientemente, deben hacernos reflexionar sobre un reparto más justo de los esfuerzos entre la investigación fundamental y la investigación por objetivos. Nuestra incapacidad para reaccionar rápida y eficazmente a precariedad estas nuevas epidemias, está relacionada sin duda con la precariedad de nuestros conocimientos en biología fundamental. Si bien resulta indispensable que sigan haciéndose los esfuerzos en materia de investigación por objetivos y aplicada en este campo, también hay que tener muy claro que los progresos decisivos muy probablemente vendrán de descubrimientos inesperados en materia de investigación fundamental no programada.

En todos los campos científicos podríamos multiplicar los ejemplos que ponen en evidencia el estropicio causado, en el plano humano y financiero, por los efectos de moda que nos impone una demanda apremiante de la sociedad. El deber de los investigadores, incluso cuando está en juego su interés inmediato, no es incitar el surgimiento de tales procesos; en tal caso, estaría en juego la credibilidad de toda la comunidad científica ante la sociedad.

Algunos, para hacer frente a estos desvíos, eluden la dificultad pre-



tendiendo que la distinción entre las diferentes formas de investigación desaparece progresivamente y que no debería tomarse en cuenta en el plano organizativo. De este modo, se podría transferir a la investigación fundamental una parte de los considerables recursos que las instancias de poder estén dispuestas a adjudicar a la investigación por objetivos. Este punto de vista, no sé si está inspirado en consideraciones políticas a corto plazo, pero me parece muy erróneo. La investigación fundamental se inscribe en una lógica del conocimiento y debe abarcar el conjunto de los campos científicos. Además, la investigación fundamental es, por lo general, reticente a cualquier posibilidad de programación. De una forma un poco simplista, podemos decir que tan sólo es posible programar aquello que ya se conoce. La programación es, pues, esencialmente antinómica en relación con la investigación fundamental, que tiene por vocación explorar lo desconocido. Desde hace más de un siglo, los grandes investigadores y descubridores incansablemente nos envían el mismo mensaje, que las instancias dirigentes aceptan, unas veces, de palabra, pero raramente lo toman en cuenta en el plano operacional.

La futurología, que dice prever el futuro, es una actividad estéril la mayoría de las veces, ya se trate de ciencia, economía o política. Ninguna de las revoluciones sucesivas que han marcado al mundo desde los comienzos de la era industrial había sido prevista por los futurólogos, quienes siempre se limitan a hacer extrapolaciones arriesgadas basadas en el pasado. Ni la revolución informática ni la caída brutal del mundo soviético fueron previstas por los futurólogos.

Al carácter imprevisible de los futuros descubrimientos se superpone la imposibilidad de prever las consecuencias y las aplicaciones potenciales de éstos. Las matemáticas nos dan numerosos ejemplos de investigaciones que se consideraban esotéricas, y que a veces mucho más tarde se han revelado fructíferas en aplicaciones inesperadas. Las investigaciones en lógica formal emprendidas por Boole, matemático inglés de la primera mitad del siglo XIX, resultaron indispensables, un siglo más tarde, para el desarrollo de la informática. Al querer interpretar la dependencia respecto a la longitud de onda de la emisión de luz de un cuerpo oscuro, cuestión académica si cabe, Planck asentó las

bases de la física cuántica sobre la que reposan directa o indirectamente la mayoría de las modernas tecnologías, en particular las que están relacionadas con la informática y la comunicación.

Voy a desarrollar un ejemplo que me concierne muy de cerca: el descubrimiento de la radiactividad artificial por mis padres, Irène y Frédéric Joliot-Curie. ¿Quién iba a adivinar que este hallazgo, que en un plano cognitivo sólo concernía a la física nuclear, revolucionaría por completo otros campos de la ciencia y la tecnología? La creación de isótopos radiactivos, cuyas propiedades químicas son idénticas a las de los isótopos naturales, permitió aislar las moléculas que tenían un interés para la biología. A partir de ese momento fue posible seguir la evolución de estas moléculas aisladas en el seno de las células y los órganos de los seres vivos. Una parte importante de los progresos de la moderna biología se debe a esta técnica adoptada en todo el mundo. El descubrimiento de la radiactividad artificial ha tenido, por supuesto, otras aplicaciones en campos tan diversos como las ciencias de la Tierra o la industria. Desde luego, mis padres comprendieron rápidamente el interés práctico de su hallazgo, pero fue por una acción *a posteriori* que no desempeñó ningún papel ni en la elección ni en la realización de su investigación. En cambio, ahora podemos afirmar que si hubieran puesto en marcha *a priori* un programa con el objetivo de realizar moléculas aisladas, no habrían tenido ningún éxito.

Podríamos multiplicar los ejemplos que nos muestran que las posibilidades de aplicaciones prácticas de un hallazgo determinado son, la mayoría de las veces, fruto del azar. De la misma manera, es imposible predecir las consecuencias positivas o negativas del progreso en el campo de los conocimientos adquiridos. Cualquier descubrimiento lleva en sí aplicaciones útiles o nefastas, y en referencia a esto podríamos recordar ahora las frases, tan a menudo citadas, que Pierre Curie pronunció en la conferencia de su premio Nobel en 1905: "Podemos imaginar que entre las manos de un criminal el radio pueda ser muy peligroso, y cabe preguntarnos si aventaja a la humanidad conocer los secretos de la naturaleza, si aquella es lo suficientemente madura como para sacar partido de ellos, o bien si este conocimiento le resultará perjudicial. Soy de los que piensan, con Alfred Nobel, que la



humanidad sacará más provecho que perjuicio de los nuevos descubrimientos." Los investigadores deben compartir con todos los ciudadanos el deber de luchar para que este acto de fe en el futuro de la ciencia y de la humanidad no se quede en un deseo piadoso.

A la imposibilidad de prever el efecto real de la investigación fundamental se añade la incertidumbre del tiempo que separa un descubrimiento de sus aplicaciones respectivas. Así, en 1890, fueron casi simultáneos el descubrimiento de los rayos X por Rontgen y una de sus aplicaciones más espectaculares, la radiografía. Es curioso constatar que Rontgen, probablemente rebasado por el éxito popular de su hallazgo, que encontró su aplicación en las ferias — "no soy un fotógrafo", solía declarar —, abandonó rápidamente este campo de aplicación y, según parece, se negó a que el nuevo rayo llevara su nombre. Luego se necesitaron veinte años para que los Bragg, padre e hijo, formalizaran las técnicas de análisis de cristales basadas en la medida de difracción de los rayos X, que son la base de la cristalografía moderna. Todavía se necesitaron 40 años más para que esta técnica permitiera elucidar la estructura de la primera macromolécula biológica: la hemoglobina. Gracias a esto, se pudo determinar la estructura tridimensional de miles de moléculas, proteínas y ácidos nucleicos, e incluso agrupamientos de macromoléculas como los ribosomas. La posibilidad de determinar la estructura tridimensional de moléculas enormes de varios miles de átomos es una de las consecuencias más fructíferas del descubrimiento de física fundamental de Röntgen.

Ante estas incertidumbres se puede comprender que quienes tienen en sus manos la posibilidad de decidir, duden cada vez más a la hora de financiar una investigación cuyos objetivos no parecen muy claros. La solución más fácil sería favorecer a los sectores de investigación fundamental, supuestamente más rentables en el terreno de las aplicaciones. En realidad, se trata entonces de una forma disfrazada de investigación por objetivos, que difícilmente podrá abrir perspectivas realmente nuevas. Así pues, tenemos la obligación de luchar de forma permanente para convencer a los órganos de decisión de que es necesario salvaguardar una investigación fundamental libre y no programada.

En investigación fundamental, hay que añadir a los límites que representa una programación impuesta por las instancias de decisión, incluso las instancias competentes, los límites que el propio investigador se impone a sí mismo en el momento de concebir sus experiencias y definir su línea de investigación a mediano plazo. Retomando una formulación a todas luces provocadora, diré que el investigador fundamentalista debe ser ante todo un oportunista, y que debe estar listo para modificar en cualquier momento su comportamiento, para así poder sacar partido de un resultado inesperado. Se cree que un resultado inesperado trastorna e interrumpe el buen desarrollo del experimento, o sea, que no se debe tomar en cuenta. Tal resultado se atribuye a un error del experimentador, a un disfuncionamiento técnico o a un material de estudio defectuoso.

Todos los investigadores pueden citar ejemplos en los que han estado ciegos, durante meses e incluso años, ante un hecho novedoso. Algunas veces se toma clara conciencia de su importancia y entonces se define de nuevo la línea de investigación tomando en cuenta esta nueva situación experimental. En otros casos no existe una toma de conciencia, y la pereza intelectual o el miedo a lo desconocido nos desvían del camino de los hallazgos potenciales. Mi amigo André Vermeghio, con el que colaboro desde hace muchos años, tiene la costumbre de decirnos ante un resultado inesperado, inoportuno, "¡Atención, no estamos nunca a salvo de un descubrimiento!" Esta broma resume muy bien nuestra timidez natural ante lo desconocido.

Algunas veces oímos cómo proclaman que los grandes descubrimientos son fruto del azar. En realidad, los grandes "descubridores" son los que saben aprovechar la ocasión cuando esta pasa entre sus manos. Los imperativos de rentabilidad que nos imponen o que nosotros mismos nos imponemos, son la causa de los periodos de baja productividad que determinan nuestra vida científica. Así, yo mismo perseveré demasiado tiempo en algunos temas de investigación que no me permitían sacar conclusiones claras. Estas situaciones de bloqueo se explican generalmente porque nos encerramos en nuestro propio conformismo. El temor de perder el beneficio de una inversión intelectual y experimental en la que hemos trabajado a veces durante



años, nos empuja a concluir una investigación con una publicación a veces mediocre. Hay que convencer a los investigadores de que los proyectos que abandonan y las interrogantes que se quedan sin respuesta, representan un auténtico capital que se construye a lo largo de su vida científica.

Así, he retomado con éxito algunos proyectos de investigación que habia abandonado desde hacia más de diez años, y que en ese momento me habían dejado un sentimiento de amargura. El progreso del conocimiento nos permite hacer fructificar esta inversión, mientras que nos da la distancia necesaria para evadirnos del dogmatismo en el que entonces habíamos caído.

La actividad creadora debe conducirnos a tomar riesgos constantemente, y es indisociable del derecho al error y al fracaso. El miedo al fracaso es la razón por la cual muchos investigadores se contentan con corroborar los conceptos y dogmas dominantes de su época. Por el contrario, cualquier intuición original debe ser sometida a la prueba de la experiencia siempre que esto sea posible. Un análisis riguroso, basado en los conocimientos de que disponemos, puede hacernos rechazar dicha intuición. Y son precisamente las acciones con pocas probabilidades de éxito las que, generalmente, son el punto de partida de los progresos que cuestionan los conceptos dominantes.

Los espacios de libertad, necesarios para que los investigadores expresen su creatividad, se han reducido debido al aumento de los costos de investigación, y en ciertos campos a causa del largo plazo de espera entre un proyecto experimental y su realización. Podemos citar, como ejemplo, la física de altas energías, la observación astronómica o la exploración espacial, las cuales requieren una programación muy rigurosa a largo plazo, en razón de los enormes medios técnicos que necesitan y de sus presupuestos correspondientes. En el caso concreto de la física de altas energías, la libertad de iniciativa de los investigadores se manifiesta más en el nivel del planteamiento teórico que en el planteamiento experimental. Se eliminan las experiencias de alto riesgo en provecho de experiencias con elevadas probabilidades de éxito y cuyo objetivo sea comprobar la validez de los modelos teóricos existentes. En consecuencia, debemos concebir proyectos experimen-

tales que, además de satisfacer los requisitos de la programación, estén en medida de detectar fenómenos inesperados y de este modo puedan abrir una ventana hacia lo desconocido. En mi opinión, uno de los grandes desafíos del futuro es preservar la creatividad de los investigadores frente a los límites de orden financiero y organizativo, cada vez más opresivos. Me emociona recordar la conclusión de la última conferencia que Frédéric Joliot-Curie pronunció poco antes de su muerte ante una asamblea de premios Nobel de química en Lindau. En esta conferencia, dedicada al nuevo laboratorio de física nuclear de Orsay, que él había fundado junto con mi madre, mi padre expresaba su nostalgia por una época reciente en la cual los experimentos fundamentales en física nuclear podían realizarse sobre la mesa de madera de un pequeño laboratorio. De igual modo, el tiempo necesario que va de la concepción a la realización y luego a la interpretación de un experimento, se expresaba entonces en días y no en años. Mi padre escribía.

Un centro moderno de investigación fundamental en física nuclear presenta, a primera vista para el visitante común y corriente, las características de una industria. ¿Acaso el investigador no corre el riesgo de sentirse aplastado por este despliegue, ciertamente necesario, de aparatos enormes y caros? Ahora ya no se siente libre de proceder por tanteos como en otros tiempos, ya que percibe el peso de su responsabilidad a la hora de emprender un trabajo. Plantearse ahora el hecho de experimentar, aunque se tengan pocas posibilidades de éxito, tan sólo para "ver", conlleva a dificultades muy reales y ¿acaso no es casi siempre una sorpresa descubrir algo? Me parece imprescindible que, en esta transición de la escala artesanal a la industrial, seamos conscientes de estos peligros y que encontremos las condiciones adecuadas de utilización del equipo, sin ahogar la personalidad del investigador. No se puede hacer una obra original estando en una cadena de producción.

Uno de los principales fundadores de la física pesada en Francia se cuestionaba de este modo la evolución de la disciplina que él mismo había contribuido a crear. Desde entonces, se ha acelerado la carrera hacia lo gigantesco. En menos de medio siglo, el tamaño de los aceleradores de partículas ha pasado de ser de algunos metros, como el sin-



crocioclotron de Orsay, a las obras ciclópeas, como el LEP construido en Ginebra, en el cual las partículas giran a una velocidad próxima a la de la luz en un anillo de 30 km de circunferencia. Probablemente fue esta toma de conciencia de la evolución irreversible de su disciplina, lo que condujo a mi padre a aconsejarme que me orientara hacia la biología. Él pensaba, muy acertadamente, que en el campo de la biología yo podría encontrar de nuevo las satisfacciones que el mismo había vivido 20 años antes en el campo de la física nuclear, que entonces estaba en sus primeros balbuceos.

Cuando examinamos los presupuestos dedicados a investigación en la mayoría de los países industrializados durante estos últimos decenios, comprobamos que las ciencias "pesadas", que son las más costosas para la sociedad, como la física de altas energías o la investigación espacial, han recibido un financiamiento privilegiado de parte de los poderes públicos. No se puede plantear la cuestión de las aplicaciones prácticas de tales investigaciones, debido a que estas disciplinas tienen como objetivo la adquisición de nuevos conocimientos. Esta aparente paradoja nos muestra que tanto los políticos como los ciudadanos perciben mucho mejor la importancia de un proyecto científico con objetivos claramente especificados. Frente a estos proyectos bien estructurados, las instancias de decisión consideran que es un lujo no prioritario financiar una investigación fundamental cuyos objetivos no pueden precisarse de forma clara, y cuyo impacto resulta difícil prever tanto en el plano del progreso del conocimiento como en el de las aplicaciones. No es mi intención condenar aquellos proyectos ambiciosos en los cuales se pretende aportar una respuesta a cuestiones tan fundamentales como la existencia de vida extraterrestre o el origen del universo, simplemente, creo que es necesario establecer un mejor equilibrio entre el financiamiento de las ciencias "pesadas" y las "ligeras".

Contrariamente a la investigación cognitiva, la investigación aplicada se presta a una programación a corto o mediano plazo, y debe cumplir el requisito esencial de que tales aplicaciones partan de sólidas bases conceptuales. Para que una programación de este tipo sea eficaz debe preservar los espacios de libertad necesarios para la expresi-

ón de la creatividad de los investigadores, algo tan esencial como en investigación fundamental. Entonces la creatividad se manifestará más bien en términos de innovación que en términos de descubrimientos. En el mundo industrial el financiamiento de una investigación aplicada de calidad choca, al igual que la investigación fundamental, con uno de los principales síndromes de la sociedad liberal, la enfermedad del "corto plazo". Bajo la presión del mercado y la Bolsa, se exige a las empresas industriales, cuya principal vocación debería consistir en promover una investigación aplicada de calidad, que hagan rentable cualquier inversión lo más rápidamente posible. De este modo vemos como se abandonan prematuramente muchos programas de investigación que parecían prometedores, y ello con el pretexto de que no son inmediatamente rentables. Una política de este tipo conduce a un desorden financiero y a la larga puede traducirse como la caída de las capacidades de innovación de las empresas.

En el caso de los grandes programas tecnológicos que dependen parcialmente del desarrollo de una investigación aplicada se hace evidente la necesidad de una programación rigurosa. Los programas especiales desarrollados en EUA y en la URSS en los decenios que siguieron a la segunda Guerra Mundial, ilustran perfectamente este propósito. En el ámbito de la investigación espacial se conocen desde el siglo XIX los conceptos básicos relativos a las leyes de la mecánica celeste. Las primeras tentativas estadounidenses, realizadas de forma desordenada, fracasaron una después de otra. El programa soviético, solidamente estructurado y planificado, se reveló de una gran eficacia, a pesar de contar con una tecnología menos evolucionada. La NASA, afeccionada por los fracasos anteriores, desarrolló con el éxito que todos conocen el programa Apolo, que los llevaría a la conquista de la Luna. Junto a estas grandes aventuras tecnológicas, el esfuerzo que se realiza en investigación aplicada se concentra básicamente en programas menos ambiciosos pero mejor adaptados a las necesidades de la sociedad. Son estos programas los que nutrirán mejor el tejido de las pequeñas empresas, las cuales constituyen las estructuras más dinámicas y activas en la creación de empleos en nuestra sociedad. Aunque estas investigaciones dejan un mayor espacio a la iniciativa indivi-



dual, se las puede adscribir lógicamente en una línea de investigación a mediano plazo. Por otra parte, en este campo es donde las estructuras de investigación francesas son más inadaptadas.

La práctica de la investigación aplicada, a diferencia de la investigación fundamental, exige constancia en el esfuerzo y no acepta cambios de dirección muy frecuentes. Debe responder a una lógica fijada de antemano por el propio investigador o por la demanda exterior. Además, la repercusión potencial de la investigación aplicada en la sociedad, puede imponerle al investigador límites de orden ético que necesariamente van a restringir su libertad de acción. Un buen ejemplo de ello son las investigaciones sobre la creación de organismos genéticamente modificados. Estas técnicas, que por un lado pueden ofrecer una respuesta a problemas tan acuciantes como el hambre en el mundo, por el otro constituyen un peligro ecológico potencial si se manejan sin discernimiento y con la única perspectiva del provecho inmediato. Si bien yo mismo rechazo cualquier actitud que, basándose en falsos principios morales o científicos, impidiera por principio el recurso a tales técnicas, por su parte, el investigador que trabaja en estos campos debe asumir también sus propias responsabilidades, a sabiendas de que éstas pueden frenar la expresión de su creatividad.

El hecho de reconocer la profunda diferencia entre el enfoque de la investigación fundamental y la investigación aplicada, de ningún modo implica que los mismos individuos no puedan practicar ambas actividades. Son los mismos investigadores que acaban de hacer un hallazgo quienes están en mejor posición para desarrollar las aplicaciones del mismo. Estos deben implicarse a fondo en ellas, y colaborar en actividades que propicien la transferencia de conocimientos hacia abajo. Además, el hecho de practicar una actividad de investigación fundamental y otra actividad de investigación aplicada, ayuda al investigador a encontrar su equilibrio, que ya es frágil de por sí. En efecto, como la investigación fundamental implica que se tomen riesgos constantemente, los periodos de fracaso que se derivan de ello son particularmente desestabilizadores. Cuando se lleva paralelamente una actividad de investigación aplicada, cuyos resultados son menos aleatorios, entonces se pueden soportar más fácilmente esos periodos

improductivos. Desde siempre he repartido mi tiempo entre una investigación fundamental sobre los mecanismos primarios de la fotosíntesis, y una actividad de investigación aplicada sobre la concepción de técnicas biofísicas de punta adaptadas a mis objetivos experimentales. De esta forma sigo investigando, desde hace más de 20 años, el perfeccionamiento de los métodos en espectrofotometría de absorción. Estas técnicas permiten medir las ínfimas variaciones de absorción de luz inducidas por los procesos de transferencia de electrones en el dispositivo de fotosíntesis. Así es posible estudiar la fotosíntesis *in situ*, es decir, en un material biológico vivo, las algas unicelulares o las hojas de plantas superiores. Este trabajo de carácter tecnológico es un ejemplo de investigación aplicada, y lo realizo en colaboración con Daniel Béal, ingeniero en el CNRS.\* Al integrar progresivamente muchas innovaciones en nuestro programa, hemos conseguido realizar técnicas cada vez más perfeccionadas. Sin embargo, no hemos tenido éxito a la hora de transferir al mundo de la industria algunos avances tecnológicos que realizamos en nuestro laboratorio. Las responsabilidades de este fracaso se reparten entre las estructuras de investigación en este campo, que son inadecuadas en Francia, cierta pereza nuestra a la hora de involucrarnos a fondo en una política de transferencia al mundo de la industria, y la casi total desaparición de la industria francesa de instrumentación, cuyos últimos representantes dan muestras de un gran recato.

Desde hace 20 años, una de las prioridades más importantes de los gobiernos de izquierda o derecha, consiste en disminuir las barreras culturales y organizativas que limitan las interacciones y los intercambios entre la investigación fundamental y la investigación por objetivos. Ya no resulta de actualidad la defensa de una ciencia pura y desinteresada, como lo hicieron apasionadamente Pierre y Marie Curie, quienes además habían descartado en todo momento la posibilidad de sacar provecho de sus descubrimientos. Podemos constatar que la mayoría de las barreras culturales ha desaparecido, y que

\* CNRS es el Centro Nacional para la Investigación Científica de Francia. [T]



muchos investigadores están dispuestos a participar en la valoración de su propia investigación fundamental. Asimismo, muchos investigadores, mientras buscan apoyo financiero participando en programas de investigación aplicada, siguen, no obstante, privilegiando en el plano intelectual su actividad de investigación fundamental, a la que consideran más noble y gratificante. Creo que no se puede aceptar la jerarquización. Cada cual debe elegir la forma de expresión que mejor le convenga y alternar, si puede, sus distintas actividades. De todo modos, es necesario definir claramente nuestros objetivos, ya sea en investigación fundamental, por objetivos o aplicada, y esto sin necesidad de ceder a la justificación fácil de nuestras opciones con promesa que otro día no podremos cumplir.

## II. LA EVALUACIÓN

LA EFICACIA de cualquier estructura de investigación radica ante todo en la calidad de la evaluación de los individuos, los equipos y los programas. Los métodos de evaluación deben adaptarse a las características específicas de la investigación fundamental y de la investigación aplicada, respectivamente. La evaluación de una investigación creativa plantea los mismos problemas que la de cualquier forma de expresión artística. Ningún comité estatal o privado se ha mostrado capaz de evaluar la creatividad en los ámbitos de la pintura, la música o la literatura, y por lo general las tentativas de creación de un arte oficial han sido un fiasco. En otros tiempos, el mecenazgo, que subyugaba al artista a las arbitrariedades de un aficionado rico e ilustrado, resultó ser más eficaz que el juicio de los comités estatales. Si bien tales métodos resultan forzosamente inaplicables en el caso de la investigación científica, de cualquier forma la evaluación de dicha materia es un problema pendiente que debería ser objeto de reflexión de parte de todos los que están involucrados en ella.

La libertad de iniciativa que reivindico para los investigadores comprometidos con una investigación fundamental innovadora cada vez más costosa, sólo encuentra su justificación social cuando dicha evaluación se evalúa de forma muy rigurosa. Sin embargo, no comparto el optimismo de muchos de mis colegas respecto a la capacidad de nuestra comunidad a la hora de evaluar lo nuevo. No me opongo a una concepción elitista de la ciencia, pero debemos ser conscientes de que son las propias *élites* las que se definen como tal. La evaluación es para ellas un medio eficaz para perdurar y recontortarse en el ejercicio del poder. Así, las *élites* pueden reproducirse de forma idéntica, y amplificar y perennizar, de la misma manera, los efectos de moda.

La evaluación y la programación tienen en común que ambas se



basan en los conocimientos ya adquiridos. Entonces, la evaluación puede ser un aspecto solapado de la programación, a la cual resulta todavía más difícil oponerse. La historia de la ciencia nos muestra que los nuevos conceptos han debido enfrentarse a la incompreensión (e incluso al rechazo de las *élites* que tenían bajo su control las estructuras de evaluación. Resulta ejemplar el caso de la biología molecular campo innovador y revolucionario en los años 50, que vio retrasada su eclosión por el fuerte conservadurismo de la época. La biología molecular, que revolucionó nuestro conocimiento sobre los mecanismos fundamentales de la herencia y la síntesis de las proteínas, primero se desarrolló fuera de las estructuras universitarias, en el seno de institutos que gozaban de cierta autonomía, como el Instituto Pasteur. No sin cierto retraso, organismos públicos como la Delegación General de Investigación Científica y Técnica (DGRST) y el Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS) han tomado conciencia de la importancia de esta nueva disciplina. Pero no ha sido hasta mucho más tarde, que la universidad se ha comprometido en esta revolución científica a crear los estudios requeridos. El bien merecido triunfo de la biología molecular ha provocado el surgimiento de una nueva élite, que ha impuesto una visión reduccionista de la biología al privilegiar las investigaciones en el ámbito molecular. Por la misma razón, no se fomentaron las disciplinas que se interesaban en los niveles de organización más complejos, como la fisiología animal o vegetal, y algunas incluso desaparecieron. La sistemática, que se ocupa de la clasificación de los seres vivos, se ha convertido en el símbolo de una ciencia retrograda a pesar de haberse convertido en el eslabón esencial de una ciencia emergente como la ecología. Durante más de dos decenios, y bajo la presión elitista del momento, los jóvenes investigadores brillantes que entonces se reclutaban, pertenecían al campo de la biología molecular. El déficit existente en personal competente en los otros campos hace difícil revertir la tendencia. Hoy en día estamos pagando estos errores estratégicos, que nos obligan a endeudarnos con la explotación de los fulminantes progresos de la misma biología molecular, en especial de la genómica.

Actualmente observamos las primeras de la toma del poder de par-

te de nuevas *élites*. Algunos investigadores privilegian de forma exclusiva los enfoques estructurales en investigación molecular porque suponen implícitamente que las propiedades funcionales pueden deducirse fácilmente de la estructura. Otros esperan que la caracterización sistemática del conjunto de genes implicados en la manifestación de un proceso biológico —a menudo varios cientos de genes— permitirá elucidar su mecanismo de funcionamiento. En lugar de oponer estos dos enfoques, creo que es necesario tender hacia el desarrollo armónico de los diversos campos de la biología, sin descuidar ninguna materia, desde el ámbito molecular hasta el ecosistema. Se deben limitar los desastrosos efectos de las luchas de poder entre disciplinas o enfoques que, por lo general, son complementarios.

Se puede ilustrar el conservadurismo de las *élites* y su resistencia a la innovación a través de la política editorial de los grandes periódicos científicos internacionales. He observado a menudo que un proyecto de artículo, ya fuera mío o de mis colaboradores, se aceptaba fácilmente cuando era un trabajo serio y dentro de las normas. No sucede igual con aquellos trabajos que se desmarcan, aunque sea mínimamente, de los conceptos dominantes que están en boga. La mayoría de las veces, estos no reflejan una supuesta deshonestidad intelectual sino más bien la dificultad que todos tenemos a la hora de aceptar un nuevo concepto. Las convicciones que aquí expreso no me impiden en absoluto cometer un error de este género. Si nuestra intención fuera provocar, definiríamos un descubrimiento como aquel hecho que un perito escrupuloso rechaza.

Cualquier tentativa por mejorar los métodos de evaluación debe tomar en cuenta, en primer lugar, las características específicas de cada disciplina. Los matemáticos, por ejemplo, pueden basarse en criterios objetivos para extraer juicios bajo consenso. Ellos tienen la aptitud de distinguir precozmente a un brillante matemático. Resulta más difícil evaluar a los investigadores y los programas ubicados en el otro extremo de la clasificación de Auguste Comte, sobre todo en el caso de la biología y las ciencias humanas. Esto se debe a que en estos ámbitos el conocimiento se ha diseminado en una multitud de disciplinas y subdisciplinas entre las que es difícil establecer una comunica-



ción. Estas ciencias se organizan, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, en numerosas congregaciones que se ignoran entre sí y a veces se combaten unas a otras, con las consecuencias que esto puede acarrear en cuanto a la imparcialidad de la evaluación. Además, los investigadores de dichas disciplinas alcanzan su madurez más tarde que en las ciencias matemáticas. Por esto resulta difícil en estos campos de investigación hacer una elección razonada entre un joven brillante, que a largo plazo se revelará como superficial, y un investigador realmente original, con frecuencia menos dotado para la comunicación, que necesitará más tiempo para mostrar sus cualidades.

La evaluación más dañina en investigación fundamental es la cuantitativa, cuya popularidad reciente se debe a la facilidad con que puede ser, computarizada, y a sus criterios de aplicación supuestamente objetivos. El primer eslabón en la evaluación cuantitativa se refiere al número de publicaciones. En la versión revisada, el cálculo de publicaciones se pondera por el número de autores, y en una versión todavía más sofisticada se toma en cuenta el "factor de impacto", que clasifica las publicaciones en función de su notoriedad. La forma más perfeccionada de esto es el *Citation index*, base de datos informatizada que contabiliza el número de citas de un autor en el conjunto de las publicaciones susceptibles de ser consultadas por el comité de lectura. Tales métodos constituyen el medio más eficaz para reforzar los efectos de moda y para coartar la innovación y los proyectos arriesgados. En efecto, es preferible trabajar en un campo en el que un amplio sector de investigadores pueda interesarse en los resultados que uno obtiene. Haciendo prueba de humor, voy a recomendar la publicación de errores científicos como método eficaz para aumentar la tasa de citas de todos ustedes. En un entorno cada vez más competitivo, muchos colegas están más dispuestos a citar los errores ajenos que a reconocer sus contribuciones. La evaluación cuantitativa penaliza las políticas alternativas que consisten en elegir los campos de investigación que están fuera de la norma. Además, entre los laboratorios más influyentes en el ámbito internacional, se establece una dinámica de citas recíprocas, muy eficaz para reforzar su puntuación en el *Citation*

*index*. Esta política frena las inclinaciones científicas de los investigadores, quienes necesitan largos periodos de tiempo antes de adquirir cierta credibilidad en un nuevo campo. Se puede objetar que la evaluación cuantitativa es tanto más fiable cuanto más se remonta a tiempos pasados, y que con el paso del tiempo se opera una selección que distingue las contribuciones más importantes de un investigador. Este método puede ser eficaz cuando se trata de ofrecer recompensas por una obra científica del pasado, pero nos aporta muy pocos datos a la hora de evaluar las actuales capacidades de un investigador.

La política de evaluación cuantitativa estimula asimismo ciertas prácticas condenables de firma de artículos. Paradojicamente, tales desvíos afectan a los investigadores que están en los dos extremos de la jerarquía. Habida cuenta de las dificultades que deben enfrentar los investigadores para integrarse en los organismos de investigación o en las universidades, muchos laboratorios, con el fin de mejorar su puntuación, optan por hacerlos firmar como primer autor de un gran número de artículos, aunque, en realidad, su contribución se limite tan solo a uno o dos. En consecuencia, se falsea la competitividad con otros investigadores jóvenes procedentes de laboratorios menos influyentes. En el otro extremo de la pirámide, la evaluación cuantitativa refuerza la tendencia de los directores a firmar indistintamente todas las publicaciones de su laboratorio. Con esto tienen la oportunidad de demostrar que el aumento de su credibilidad, que depende del número de publicaciones, recae a su vez sobre el laboratorio, al que a menudo se juzga por la notoriedad internacional de su director.

La evaluación cuantitativa sólo es significativa en el caso extremo de una producción científica que se distingue ampliamente de la media. En este caso, no es en absoluto necesario realizar un análisis informático muy refinado para detectar a un investigador cuya producción sea insuficiente. De igual modo, debería juzgarse con la misma severidad el exceso de producción científica. En lo que a mí se refiere, sólo puedo aportar una contribución significativa en unos cuantos artículos por año. Incluso si se atribuyen capacidades intelectuales excepcionales a los investigadores más prolíficos, el hecho de publicar varias decenas de artículos por año despierta mi escepti-



cismo en cuanto al valor de la contribución real de dichos investigadores.

Podemos observar actualmente que muchas estructuras de investigación ponen en funcionamiento dispositivos de evaluación cuantitativa para la investigación y para los investigadores. En última instancia, esta política puede conducir a desposeer a los científicos de su función de evaluación, en provecho de administradores incompetentes en el ámbito científico, que justificarán la arbitrariedad de sus decisiones con base en la consulta de bases de datos.

Del mismo modo que la investigación por objetivos o la investigación aplicada se pueden programar sin ocasionar demasiados desperfectos, también podrían ser objeto de una evaluación objetiva en la medida en que se basan en conceptos cuya validez ha sido probada y reconocida. Estos programas, que deberían aportar una respuesta a las necesidades de la sociedad, en realidad obligan a muchos investigadores a tener ciertos comportamientos que escapan al control de las instancias de evaluación. Algunos investigadores disimulan sus preocupaciones en investigación fundamental tras algunas propuestas de aplicaciones prematuras. Otros menos escrupulosos, aunque saben de antemano que algunos proyectos no son prácticos de todos modos los presentan, ya que tienen la única cualidad de adaptarse perfectamente a dichos programas. Con la finalidad de responder a esta última crítica, la mayoría de los programas de investigación aplicada que subvencionan las instancias nacionales o europeas, debe ser objeto de colaboración con una industria, la cual ha de garantizar el carácter realista y práctico de dicho proyecto. Me sorprende la ingenuidad de los responsables de los recursos en cuanto a las garantías que ofrece dicha colaboración con el mundo de la industria. Desde el momento en que se puede obtener financiamiento público para un proyecto en colaboración, los industriales muestran pocas exigencias respecto a las auténticas posibilidades de realización de un proyecto. En general, las empresas francesas anhelan el apoyo financiero del Estado, pero sólo algunas están realmente dispuestas a correr los riesgos financieros que en un momento dado pueden probar su compromiso real. Esta crítica se aplica en particular a los programas subvencionados por la Unión

Europea, los cuales representan una partida cada vez más importante en el financiamiento de la investigación. Además, la aplicación de ciertos métodos de evaluación suscita muchos interrogantes. Por ejemplo, la mayoría de candidatos que necesitan un apoyo financiero de la comunidad científica, actualmente tiene la posibilidad de presentarse en oficinas privadas —a menudo subvencionadas con fondos públicos—, que se encargan de presentar y redactar los proyectos científicos. Cuando se recorre a estos métodos de mercadeo lo que se hace es favorecer el surgimiento de proyectos incongruentes o incluso deshonestos, aunque resulten atractivos en su presentación. ¿Como es posible no preocuparse ante un fenómeno como éste en el mundo científico, en el cual la forma tendrá progresivamente más importancia que el fondo? Sería más razonable reservar una parte del financiamiento europeo a la investigación fundamental y evaluar con mayor rigor los programas de investigación aplicada. Si se llevara a cabo un seguimiento permanente de la evolución de dichas investigaciones, se podría detectar rápidamente a los charlatanes que pululan en torno a estos programas, por lo demás tan generosamente financiados.

El perfeccionamiento de los métodos de evaluación en investigación fundamental o en investigación aplicada, es una de las principales apuestas para todas las estructuras de investigación. Que yo sepa, nadie puede encontrar una solución milagrosa en este campo. Respecto a la evaluación individual de los investigadores, si se pidiera a cada uno cual ha sido su contribución personal en cada publicación importante, entonces se podrían evitar las firmas de autocomplacencia. No se puede aceptar, por ejemplo, que se firmen ciertas publicaciones por una simple razón de autoridad o de disposición de medios.

En lo relativo a la atribución de contratos, creo que es preferible sustituir, cada vez que sea posible, una evaluación *a priori* por una evaluación *a posteriori*. La evaluación de una solicitud de contrato de financiamiento para un proyecto de investigación, según se hace actualmente, tan sólo requiere el análisis del proyecto. He dedicado mucho tiempo a elaborar programas de investigación en los que podía permitirme el lujo de sopesar su carácter aleatorio. En cambio, estoy seguro de que nadie examinó a fondo y con espíritu crítico el contenido



do de los informes que elaboré al finalizar el periodo de investigación. El orden de prioridad debería invertirse. La concesión de un contrato debería hacerse después de haber analizado críticamente los resultados obtenidos en los años precedentes a la solicitud de financiación. En caso de evaluación positiva, me parece razonable darle el equivalente de un cheque en blanco al investigador o al equipo en cuestión, dejándole por espacio de dos o tres años un amplio grado de libertad en la gestión de sus investigaciones. Entonces, se da confianza al investigador durante este periodo, pero él sabe que los resultados obtenidos se evaluarán de forma rigurosa y que se dará a conocer el contenido de dicha evaluación. Por supuesto, este método no está exento de errores pero me parece menos aleatorio que la evaluación de un programa que nadie, ni el propio autor, está en medida de prever sus posibilidades de éxito. Tal apuesta de futuro permitiría a los investigadores dar libre curso a su imaginación creadora y operar los reajustes temáticos que en un momento dado la realidad experimental requiera. Parece que los investigadores soviéticos elaboraron estrategias eficaces para escapar a las restricciones de una burocracia todopoderosa. Como estaban en un entorno menos competitivo, a menudo preferían retrasar la publicación de sus resultados. De este modo podían proponer programas de investigación exitosos, ya que previamente los habían realizado. Cada uno de nosotros debe recurrir de vez en cuando a artimañas de este tipo para que las instancias de decisión satisfagan su sed de programación. Por supuesto, hay que cuidar que una evaluación *a posteriori* no perjudique a los equipos jóvenes. Es en este punto que el experto debe ser capaz de hacer una apuesta de futuro, tomando como referencia la tesis doctoral o las investigaciones postdoctorales para evaluar las potencialidades del investigador o de un equipo.

Todo investigador que ocupe una posición privilegiada debería dar muestras de humildad en el ejercicio de la difícil tarea de la evaluación. Me sorprenden las actitudes de algunos de mis colegas respecto a su aptitud a evaluar la originalidad de un investigador o un programa. Cuando surge un descubrimiento que trastorna nuestro campo de investigación, aunque sea mínimamente, entonces deberíamos pre-

guntarnos: "¿Habría sido yo capaz de evaluar positivamente este hallazgo?" Una respuesta honesta será negativa la mayoría de las veces. La única ostentación imaginable es la que consiste en correr riesgos, tal como hacen los investigadores en el curso de sus trabajos. Me parece mucho más grave censurar una idea por ser nueva y prometedora, que dejar pasar un error. Sin embargo, debemos fijarnos límites para que el apoyo a ideas originales o revolucionarias no se convierta en una forma de laxismo y demagogia, que a la larga implique la pérdida de credibilidad de nuestra comunidad científica. Esta forma de demagogia se puede ilustrar perfectamente con la saga de la memoria del agua, seguida de cerca por el episodio del canto de las moléculas, conceptos sorprendentes que debían permitir administrar medicamentos por teléfono. A falta de bases teóricas y experimentales serias, muy pronto la comunidad científica rechazó estos pseudodescubrimientos revolucionarios. Entonces fueron los medios de comunicación quienes retomaron dicha controversia. El periódico *Le Monde*, a pesar de su reputación de periódico serio, encabezó esta campaña de desinformación con el pretexto de defender el derecho de realizar descubrimientos contra el dogmatismo de la comunidad científica. Por el hecho de expresar públicamente mi escepticismo sobre la validez y la verosimilitud de dichas interpretaciones, me presentaron como el portavoz de una comunidad científica reaccionaria, "académica", que pretendía hacer abortar un descubrimiento genial. Esta reputación tan poco envidiable la compartí con muchos otros científicos.

De todas las funciones de evaluación que he debido asumir en mi vida de científico, la más difícil ha sido la de ser miembro de comités de expertos encargados de elegir a los candidatos en los concursos de selección de las universidades u otros organismos. Muchos de nosotros experimentan un sentimiento de impotencia y desasosiego ante la incapacidad de seleccionar, con base en criterios objetivos, a los pocos elegidos que podrán seguir una carrera de investigador entre otros candidatos de excelente nivel. Contrariamente a la evaluación de programas o a la promoción de investigadores, los errores que puedan cometerse en este tipo de selección tienen un carácter definitivo y pueden acabar con carreras científicas prometedoras. Aunque la gene-



realización de las prácticas posdoctorales antes de los concursos de selección en teoría permita una mejor evaluación de las capacidades de los candidatos, de todos modos resulta difícil distinguir los méritos del propio candidato de los del laboratorio de acogida.

Además de los criterios cuantitativos que obligatoriamente deben tomarse en cuenta en los concursos de selección, se puede tener una apreciación más cualitativa e intuitiva de los candidatos en las entrevistas con los expertos del comité. Se trata de una pesada carga de trabajo, pero la importancia de lo que está en juego la justifica. En estas entrevistas hay que procurar no dejarse seducir por una presentación brillante, ya que debemos privilegiar la originalidad del candidato más que su aptitud para las relaciones públicas.

Sean cuales fueren los métodos adoptados, nadie está a salvo de un error de evaluación, ya sea el autor o la víctima. Cualquier dispositivo de evaluación debe dejar un espacio para el azar, por pequeño que sea. Hay que dar a las inteligencias fuera de lo común la oportunidad de pasar a través de las redes de una evaluación demasiado rigurosa. Debemos ser conscientes en todo momento de que en nuestra vida el acto que más compromete nuestra responsabilidad es la evaluación, y que en el ejercicio de esta entran en juego simultáneamente la competencia, la valentía y la honestidad.

### III. LA INFORMACIÓN

COMO TODO EL MUNDO afirma, el siglo XXI será el siglo de la información y la comunicación. Se nos promete un futuro radiante gracias a los espectaculares progresos de la informática. Todos los ciudadanos del mundo podrán comunicarse y expresarse libremente. Se abolirán entonces todas las barreras geográficas y nacionales, y se creará un mercado común inmenso en el cual los bienes culturales circularán con tanta facilidad como los bienes de consumo. Frente a esta visión idealizada, podemos preguntarnos cuáles serán las consecuencias de tal explosión de los medios de comunicación. Ésta puede representar un instrumento formidable de homogeneización al servicio de una ideología dominante. Asimismo, el constante aumento de la cantidad de información disponible se realiza muy a menudo a expensas de la calidad de la misma. Dicho aumento no representa en absoluto una mejora de la comunicación entre los hombres, si tomamos el término comunicación en su sentido más elevado. Además, observamos que el hecho de consagrar un tiempo excesivo a la comunicación desvía a los individuos de otras actividades más gratificantes. A lo mejor estamos presenciando la invasión del planeta por una nueva droga, cuyas consecuencias no podemos prever. Siguiendo con esta metáfora médica, podríamos considerar que la actividad irrisoria de los conceptores de virus informáticos o de los *hackers*, auténticos adictos a la informática, representa paradójicamente la primicia de una reacción saludable de la sociedad, que de este modo segregaría algunos anticuerpos susceptibles de frenar la expansión de esta enfermedad de los tiempos modernos. Hablando en serio, todos los progresos tecnológicos, como en su día lo fueron, en materia de comunicación, imprenta, radio y televisión, nos reservan aplicaciones potencialmente positivas o nefastas. Y es responsabilidad de todos velar por la utilización de estos nuevos medios de difusión e información,



para que el patrimonio cultural mundial se enriquezca en lugar de empobrecerse.

La red de comunicación informática, la *web*, que trasciende fronteras, en parte surgió en el mundo universitario, y es en este entorno particular donde mejor se puede medir su efecto positivo y negativo. Primero hay que comprobar que frente al crecimiento explosivo de las técnicas de comunicación de la información, las capacidades de nuestro cerebro para adquirir, almacenar, asimilar y emitir la información han permanecido intactas. Luego debemos plantearnos los riesgos que existen entre la inadecuación creciente de ciertas técnicas cada vez más perfeccionadas y el propio ser humano, cuyas características biológicas permanecen estables. Uno de los pilares fundamentales de la sociedad de consumo es producir un número cada vez mayor de objetos de alta tecnología cuyas cualidades técnicas ya no guardan relación con las capacidades físicas de sus usuarios o con las que autoriza la ley. Podríamos poner como ejemplo las cadenas de alta fidelidad, cuyas cualidades técnicas, que superan nuestra capacidad auditiva, sólo pueden apreciarse mediante complejos instrumentos de física, o los coches que pueden alcanzar los 250 km por hora, cuando el límite de velocidad de las autopistas por donde circulan es de 130 km por hora.

Con el fin de apreciar mejor el impacto del desarrollo de los instrumentos de comunicación en el mundo científico, voy a definir el tipo de informaciones que estos transmiten. En primer lugar me referiré a la información en estado bruto, vaciado de contenido conceptual, que se expresa, por ejemplo, en forma de datos numéricos. En biología se pueden citar las bases de datos que contienen la estructura primaria, es decir, las secuencias de bases o de ácidos aminados de los innumerables genes o proteínas ya caracterizados. Esta información, demasiado abundante para que se pueda explotar directamente, se pone a disposición de los investigadores de forma más elaborada. De esta manera es posible comparar, en una perspectiva cuantitativa, una nueva secuencia con otras secuencias ya conocidas que aparecen en las bases de datos. Otro ejemplo concierne a la biología estructural, cuyo objetivo es la caracterización de las estructuras tridimensionales de las macro-

moléculas biológicas, en particular de las proteínas y los ácidos nucleicos. Dichas estructuras, que se han podido determinar gracias a un arsenal de métodos cada vez más perfeccionados, se almacenan en forma de millares de datos numéricos. Programas informáticos muy complejos, a los que se tiene acceso desde una simple computadora personal, permiten trasladar estos datos numéricos a una imagen tridimensional de la molécula; gracias a esto, se puede observar la molécula desde todos los ángulos y se puede poner de relieve sus rasgos particulares. En estos dos ejemplos, con la aparición de nuevos métodos de comunicación y de tratamiento de la información, se realizaron importantes progresos. En todas las disciplinas científicas existen casos comparables. La suma de técnicas de comunicación y de tratamiento de la información cada vez más perfeccionadas, pone a disposición de los investigadores, de manera accesible, grandes cantidades de datos ininteligibles que pueden estimular la reflexión conceptual y creativa.

**La evaluación del impacto de la comunicación se presenta bajo un aspecto muy distinto cuando la información pretende transmitir un contenido conceptual.** Cabe señalar que los investigadores no han esperado la llegada de las redes de comunicación para sumergirse en una ola de publicaciones que superan sus capacidades de asimilación. Si nos limitamos a los artículos de las publicaciones científicas, ya hace tiempo que resulta imposible asimilar toda la información disponible en el propio campo de investigación. El crecimiento casi exponencial del número de investigadores durante las primeras décadas que siguieron a la segunda Guerra Mundial, se acompañó del aumento equivalente del número de publicaciones. Esta situación se ha visto agravada por la puesta en circulación de una cantidad complementaria de información poco fiable. Voy a añadir que la posibilidad que tenemos hoy de seguir, día a día, la aparición de novedades en nuestro propio campo de investigación, es un factor que inhibe la creatividad. En general, cuando un joven investigador aborda un nuevo campo de investigación, se le recomienda que adquiera el máximo posible de información disponible mediante la consulta de una amplia bibliografía. Es el medio más seguro para atiborrarle la mente con todos los



dogmas e ideas preconcebidas y para evitar que aborde este campo desde un ángulo nuevo. Jean Perrin, premio Nobel de física en 1926, tenía la costumbre de decir que la bibliografía se prepara después y no antes de abordar un tema de investigación. No es mi intención llevar esta paradoja hasta el límite, pero creo que un enfoque creativo implica conjugar los periodos de aislamiento, necesarios para la elaboración personal de un problema, con los periodos de comunicación intensa, en los cuales se confrontan las ideas propias con el mundo exterior. El progreso nace de la diversidad de las culturas y de la afirmación de las personalidades, no de un pensamiento único que las redes de comunicación transmiten e imponen en tiempo real. Nos expresaremos mejor con una imagen sacada de la física: un flujo de comunicación permanente corre el riesgo de crear la equivalencia de un equilibrio termodinámico entre los investigadores respectivos, mientras que la creación, como la vida, es por definición un proceso fuera de todo equilibrio, que necesita cierto grado de confinamiento.

Voy a ilustrar este propósito con mi propia experiencia de joven investigador. Cuando me planteé mi tema de investigación doctoral - el estudio de las reacciones fotosintéticas en la emisión de oxígeno - nuestro laboratorio estaba relativamente aislado de la comunidad internacional que trabajaba entonces en este campo. Mi jefe, René Wurmser, había optado por dejar una total libertad de iniciativa a los jóvenes investigadores de su laboratorio, y no les imponía el peso de su fuerte personalidad. Esta libertad total, además de una buena dosis de ignorancia, me permitió abordar mi tema de investigación a través de enfoques originales. Después de hacer la tesis doctoral, interrumpí mi actividad de investigación a causa del servicio militar, que duró más de dos años. A mi regreso pude comprobar que mi trabajo, aunque desconocido, había conservado su actualidad. Tuve entonces la gran suerte de que una autoridad en este campo, Bessel Kok, se interesara en él. Bessel Kok, investigador estadounidense de origen holandés, era una persona excepcional, y estaba siempre al acecho de ideas nuevas fuera de los caminos trillados. Fue gracias a él que me invitaron a EUA, donde viví un periodo de intensa comunicación, el más gratificante de mi vida científica. Allí pude dar a conocer mi trabajo y, al

mismo tiempo, valorar las investigaciones de otros colegas. Al regresar al laboratorio me di cuenta de que me resultaba más difícil ser original en mis investigaciones. Mi producción científica encajaba más dentro de la norma, puesto que compartía con mis colegas y rivales no solo un fondo común de conocimientos sino también dogmas y prejuicios. Al hacer un balance de mi producción durante más de 40 años, me doy cuenta de que los periodos más productivos de mi vida científica fueron los que siguieron a la revisión de las orientaciones temáticas que me impuse. El hecho de abordar un nuevo tema de investigación le permite a uno evadirse del corse que representa la autocompetencia, y forjarse, por un tiempo, un capital de ignorancia e ingenuidad **imprescindible en cualquier actividad creativa.**

Siento no haber podido ofrecer a los jóvenes investigadores que me fueron confiados, la libertad y el derecho de correr los riesgos que experimente trabajando bajo la dirección de René Wurmser. En un entorno mucho más competitivo, un joven investigador necesariamente **debe acumular el máximo de publicaciones, ya que su porvenir científico depende de estas.** He insistido antes sobre el hecho de que las posibilidades de selección para un empleo de investigador en un organismo público o privado, se basan en una evaluación que prácticamente sólo toma en cuenta el número de publicaciones. Los directores de tesis doctorales están condicionados a elegir aquellos temas de investigación que tengan el éxito casi asegurado, y dirigen el trabajo de sus estudiantes de forma rigurosa, evitándoles pérdidas de tiempo innecesarias. Una política de este tipo, aunque eficaz desde el punto de vista de la competitividad, impide que los jóvenes investigadores **expresen libremente sus aptitudes creativas.**

Si bien en nuestro campo de investigación es necesario saber aislarse, al menos transitoriamente, del flujo de información que podría inhibir nuestra capacidad de iniciativa, en cambio, la adquisición de conocimientos de otros campos más alejados del nuestro puede estimular y renovar nuestra actividad de investigación. Entre las numerosas tareas administrativas u organizativas que nos sumergen, y el legítimo deseo de seguir adelante con una actividad de investigación experimental, ya no tenemos casi tiempo para cultivarnos fuera del



limitado campo de nuestras investigaciones. El hecho de participar en tareas docentes nos obliga a hacer este esfuerzo tan necesario. Desde hace 20 años debo enfrentarme, como profesor en el College de France, a las dificultades que conlleva, de forma siempre distinta, todo proceso de aprendizaje. La tradición de este centro consiste en impartir un curso de alto nivel de especialización, que cada año debe ser distinto. Si bien el reducido número de horas de enseñanza hace sonreír a muchos de nuestros colegas de la universidad o de la enseñanza secundaria, se debe precisar que la obligación de cambiar de tema cada año representa una carga muy pesada. Durante los primeros años de nuestra función docente, podemos utilizar el patrimonio de conocimientos ya adquiridos. Sin embargo, cuando este capital inercial ya se ha agotado, debemos elegir los temas de los cursos en campos cada vez más alejados del nuestro. Entonces no solo hay que penetrar en un marco conceptual nuevo para nosotros, sino, sobre todo, intentar presentar una visión personal y original de un campo de investigación que es nuevo para nosotros. En este aspecto, los modernos medios de comunicación son de muy poca ayuda. Resulta más eficaz leer algunos artículos fundamentales que consultar la abundante información que la técnica pone a nuestro alcance. El hecho de acceder a los aspectos conceptuales de un nuevo campo de investigación implica hacer un lento proceso de maduración, emprender un camino sinuoso repleto de altibajos. Se me puede objetar que tal comportamiento traduce simplemente cierta lentitud de espíritu que me caracteriza. Debo reconocer que algunos individuos brillantes han podido desarrollar una capacidad de aprendizaje más rápida; esta aptitud es la que cuenta en la selección de las clases preparatorias y los exámenes de entrada a otras instituciones de prestigio. De todos modos, creo que, excepción hecha de algunos genios, la facultad de asimilar rápidamente hechos y conceptos nuevos puede constituir un verdadero impedimento. Una eficacia semejante solo se obtiene al precio de un aprendizaje lineal que dificulta que se puedan detectar las fallas y las restricciones de un concepto o un razonamiento. Entre las víctimas de esta nueva forma de enseñanza, la aptitud excepcional para asimilar nuevos conocimientos, a menudo va de par con la ausencia de espíritu crítico. Las

modernas formas de enseñanza por computadoras, llamadas "interactivas", me parecen todavía más peligrosas. Me temo que no se trate más que de una forma evolucionada de juegos de video que privilegiarán, ante todo, la rapidez de reacción del alumno mediante respuestas estereotipadas en perjuicio de una profunda reflexión y comprensión.

Volvemos a encontrar los desvíos causados por una circulación excesiva de información — de la cual hay que responsabilizar al poder de los modernos medios informáticos — cuando utilizamos la computadora en su función primera, como un mero instrumento de cálculo. Uno de los cambios más importantes que han marcado la práctica de la investigación en los últimos 30 años es, sin duda, la progresión ascendente de los instrumentos de cálculo, por un lado, y la disminución del costo de las computadoras, por otro. Ahora cualquier investigador tiene encima de su mesa potentes instrumentos de cálculo, de los que antes sólo podía disponer una amplia comunidad de científicos. Al joven investigador de nuestros días le resulta difícil concebir que la regla de cálculo era, hasta principios de los años sesenta, el instrumento de cálculo más utilizado por los investigadores y los ingenieros de mi generación. Como vemos, la revolución informática ha alcanzado al conjunto de las disciplinas científicas, desde las matemáticas hasta las ciencias humanas, y actualmente una investigación moderna no puede concebirse sin recurrir a computadoras y programas cada vez más refinados. No obstante, la auténtica fascinación que ejercen las técnicas informáticas en la nueva generación de investigadores, que las utilizan como instrumento de comunicación o de cálculo, puede alejarlos de su función experimental y creadora. Un primer peligro tiene que ver con el constante progreso de los instrumentos informáticos, ya se trate del soporte físico (*hardware*) o del lógico (*software*). De este modo, investigadores e ingenieros siempre están obligados a correr detrás de una tecnología en constante evolución. La ley del mercado agrava todavía más esta situación, puesto que el objetivo de cualquier empresa de informática es sacar de circulación sus productos lo más rápidamente posible, ya sean computadoras o *software*, con el objetivo de incrementar las ventas de un sector en plena expansión. La necesidad general de adaptarse a esta evolución galo-



pante, este o no justificada por una mejora del servicio, consume mucho tiempo y desvía a los investigadores de otras actividades más productivas.

En un plano intelectual, el peligro todavía es más grave cuando la computadora deja de considerarse como un simple instrumento para ser un ente dotado de cierta autonomía y, en el peor de los casos, una auténtica "inteligencia". La forma más pueril de este tipo de comportamiento consiste en delegar a la computadora una parte de la actividad creadora, cuando en realidad, la computadora tan solo puede restituir, de una forma más o menos elaborada, los conceptos que el investigador ha introducido en ella. Se trata en este caso de una hipótesis favorable puesto que la mecánica intelectual de la programación, relativamente simplista, difícilmente concuerda con el esfuerzo de conceptualización. Cualquier comportamiento creativo trae consigo un esfuerzo intelectual constante, al que no podemos sustraernos. La gran tentación es hacer prueba de pereza intelectual, imaginando que por el mero hecho de entrar en una computadora un gran número de datos numéricos, esta hará los descubrimientos en lugar nuestro. Ahora bien, la computadora es incapaz de tener intuición, una actividad sutil que todavía no comprende, y solo esta puede ponernos en el camino de un descubrimiento. Podríamos multiplicar los ejemplos que demuestran los desvíos nefastos a los que conduce una mala utilización de la informática en el conjunto de los sectores de investigación, desde la instrumentación hasta la teoría. En especial insistiré en las esperanzas, a veces quiméricas, que muchos investigadores ponen en el desarrollo de técnicas de simulación que deberían predecir el comportamiento de sistemas complejos en el campo de la física, la biología o las ciencias humanas. En el peor de los casos, el investigador se contentará con la simulación, al considerar que ésta puede ocupar el lugar de la experiencia. En el mejor de los casos, el investigador, después de almacenar de manera cuidadosa todas las informaciones disponibles, se basará en el resultado de la simulación para decidir si vale la pena tentar la experiencia. Es necesario, pues, recordar una vez más que el investigador sólo puede introducir en la computadora aquellos conocimientos, conceptos y hechos experimentales que ya conoce de

antemano. Y por consiguiente, en el programa de simulación que tanto le ha costado realizar, no podrá integrar un hecho inesperado porque éste solo puede ver la luz en el curso de una experiencia muy bien gestionada. Este investigador se prohíbe *a priori* cualquier tipo de incursión en lo desconocido, elemento no programable por excelencia.

La actitud del investigador frente a la simulación predictiva debe depender de las posibilidades que se le presentan para modificar voluntariamente el sistema que estudia. Este enfoque se justifica cuando el experimental es técnicamente imposible o cuando el costo, o incluso la duración de la experiencia nos impiden correr riesgos desmesurados. Podemos poner como ejemplos la climatología, la meteorología, la astrofísica, la física de las partículas u otras muchas disciplinas en ciencias humanas, como la economía o la sociología. Otro ejemplo nos lo da la modelización de la estructura de las macromoléculas cuando nos interesamos en la deformación o la dinámica de estos conjuntos complejos. La multiplicidad de las estructuras a tomar en cuenta, como pueden tener millones de átomos, deja fuera de nuestras manos el enfoque experimental. También podemos citar la teoría de la evolución, que escapa del todo a las posibilidades de experimentación directa. Me parece entrar en un falso debate el hecho de concluir, como Popper, que la teoría de la evolución, en la medida en que no es "falsificable", debe colocarse en el campo de la metafísica. Es cierto que el cúmulo de observaciones e interpretaciones teóricas sobre el análisis del genoma de los seres vivos nos permite afinar nuestra comprensión de los mecanismos de la evolución. En estos casos, la elaboración de modelos predictivos, además de la observación de los mismos, es uno de los únicos enfoques posibles. El investigador debe ser consciente, en este caso, de los límites que un enfoque de este tipo le impone a su creatividad.

Las posibilidades que ofrece la simulación por computadora no deben alejar al investigador de otra empresa que consiste en realizar los modelos físicamente, para reproducir a otra escala el sistema en curso de estudio. Estos modelos, aunque sean imperfectos, tienen más posibilidades de conducirnos a un hecho inesperado. Estoy convencido de que cuando el enfoque experimental "activo" es técnicamente



posible, éste debe preceder al enfoque basado en predicciones. En cambio, cuando se trata de comprobar la validez de un modelo teórico basado en datos experimentales sólidos, la simulación o la modelización son un instrumento necesario, incluso indispensable.

En este caso, todavía hay que procurar no dejarse llevar por la potencia de los instrumentos de cálculo, que aboca a los investigadores fanáticos de la informática a establecer modelos teóricos demasiado complejos que impiden cualquier representación intuitiva. Debe preferirse un modelo simple, aunque sea aproximativo, frente a uno complejo que contenga un gran número de parámetros, ya que a menudo estos nos alejan de la realidad física del fenómeno estudiado.

Un ejemplo concreto de las esperanzas infundadas que pueden suscitar los progresos de las técnicas de simulación concierne a la experimentación animal. Con el pretexto de evitarle sufrimientos inútiles a los animales, ciertos grupos de presión proponen que se sustituya la experimentación animal por los métodos de simulación numérica. Tales proyectos están fuera de la realidad y podrían frenar, a largo plazo, los progresos de la medicina. En respuesta a las preocupaciones de los defensores de los animales, un arsenal legislativo bastante restrictivo fija estrictas reglas que regulan la práctica de la experimentación animal. Por otra parte, es posible realizar algunos tipos de investigación con cultivos de derivados celulares. La experimentación animal seguirá siendo necesaria a pesar de todo, tanto en el plano de la investigación fundamental como para validar en última instancia un progreso terapéutico. Los defensores de una investigación por computadora no prevén las consecuencias desastrosas de ésta para la salud de campañas demagógicas e irresponsables.

Si bien debemos reconocer que el recurso destinado a medios informáticos cada vez más refinados debe ser un componente obligado de todo trabajo de investigación, por mi parte estoy convencido de que los investigadores consagran un tiempo excesivo en adquirir, tratar y comunicar la información. Basta con visitar un laboratorio moderno para ver que la probabilidad de encontrar a un investigador ante su computadora es mayor que la de localizarlo en una sala de experimentos. Ante esta evolución inquietante, ha llegado el tiempo de recordar

que la primera vocación de un investigador es crear nueva información y no manipular, de forma cada vez más compleja, la información ya disponible.

#### IV. LA MOVILIDAD

EN EL ARSINAL de medidas empleadas para modernizar nuestro sistema de organización, figura en un lugar destacado la incitación a la movilidad, que se considera insuficiente entre los investigadores franceses. El término "movilidad" tiene dos significados, uno, la movilidad temática, que se traduce por una reorientación más o menos importante de la actividad científica, y dos, la movilidad geográfica, que se refiere a un cambio de destino del investigador. Curiosamente, es este segundo significado el que más a menudo se toma en cuenta cuando se compara la investigación francesa a la de los otros países industrializados. Dentro del contexto de la investigación internacional, la movilidad temática representa, sin duda alguna, asumir riesgos, a cambio de los cuales el investigador conoce otra dinámica más creativa y menos conformista. Hay que precisar que los investigadores de E.U.A., contrario a lo que se piensa, en general dan muestras de tener escasa movilidad temática. En efecto, debido a su sistema de subvención por contratos, los investigadores estadounidenses dudan en proponer programas de investigación en los campos en los cuales no han adquirido suficiente notoriedad. Es lamentable comprobar que los investigadores franceses no dan muestras de mayor movilidad temática, a pesar de que en su mayoría tienen empleo garantizado y un financiamiento más o menos fijo. La poca fluidez que caracteriza a la comunidad científica internacional en este campo no estimula la movilidad temática. Varios años después de haber reorientado mis temas de investigación, seguían invitándome a congresos internacionales consagrados a mi anterior campo de investigación. En cambio, se necesitaron varios años para que se reconociera la actividad que realizaba en mi nuevo campo. La experiencia nos demuestra que para un investigador resulta más cómodo refugiarse en el "nicho ecológico" de la pequeña comunidad internacional que ya ha reconocido sus



méritos, que intentar hacerse un hueco en otro campo, en el cual se le puede pasar ignorado o bien considerarse un intruso. A pesar de estos obstáculos, estoy convencido de que las instancias de evaluación deben estimular encarecidamente la movilidad temática aceptando, por ejemplo, la disminución temporal de productividad científica inherente a toda reorientación de actividad.

La movilidad que se pretende impulsar desde las instancias dirigentes se refiere mas bien al cambio de destino de los investigadores. La principal razón que esgrimen los defensores de tal política es que así se va a permitir a los investigadores jóvenes formar pequeños equipos independientes en los que podrán expresar su creatividad desde el principio, lejos de la influencia supuestamente castradora del entorno en el que se han formado. Nadie puede negar que la principal vocación de cualquier estructura de investigación es favorecer la eclosión de nuevos talentos. De todos modos, no me parece que la movilidad sea el único método que permita a los jóvenes investigadores gozar de una independencia intelectual. Estoy incluso convencido de que una aplicación sistemática, indiscriminada, de la política de movilidad puede empobrecer nuestro sistema científico. En esto pueden acusarme de hablar a mi favor, ya que mi carrera es el ejemplo mismo de aquello que un responsable científico "modernista" debe proscribir absolutamente.

En 1953, a los 21 años, inicié mi vida científica en el laboratorio del profesor René Wurmser, en el Instituto de Físico-química de París. En este mismo lugar ejercí sucesivamente las funciones de practicante sin sueldo, investigador en el CNRS, responsable de un reducido equipo científico, director de un laboratorio del CNRS, y después director del Instituto. Durante medio siglo, mi movilidad se limitó a hacer desplazamientos de algunas decenas de metros en el mismo nivel. De ningún modo me considero un caso especial, al contrario, muchos de mis colegas han seguido un itinerario científico como el mío. Marianne Grunberg-Manago, una bioquímica brillante que fue la primera mujer presidente de la Academia de las Ciencias, está en nuestro instituto desde 1942. Algunos de los investigadores más prestigiosos del Instituto Pasteur realizaron su carrera científica en esta institución tan

selecta. Esta estabilidad no fue un impedimento para que los tres premios Nobel, Andre Lwoff, Jacques Monod y François Jacob, hicieran una autentica revolución en su campo. Incluso se inventó el término *pastorien*\* para calificar el fuerte sentimiento de pertenencia de los investigadores respecto a esta institución de abolengo. También podría citar el caso de Claude Cohen-Tannoudji, reciente premio Nobel de física, que realizó toda su carrera en el laboratorio de física de la Escuela Normal de la calle Ulm. A menudo me contradicen diciendo que se trata de excepciones que confirman la regla, y que la ciencia no se puede organizar basándose en casos excepcionales. Sin embargo, muchos otros investigadores manifestaron su creatividad dentro de las tradiciones que, en el curso del tiempo, se habían forjado en los laboratorios de prestigio.

Cuando una política de movilidad se impone de forma autoritaria, se toma partido por una homogeneización cultural, como en el caso de la circulación excesiva de información. Dicha política favorece el surgimiento de un conformismo compartido por el conjunto de la comunidad científica internacional. Me parece que la ciencia saldría ganando con una política que permitiera la coligación de una multitud de estructuras de investigación, grandes o pequeñas, aisladas temporalmente unas de otras, en las cuales se pudieran desarrollar de manera paralela enfoques experimentales e instrumentos conceptuales distintos. Un mínimo de aislamiento permite a un grupo de investigadores afirmar y preservar su identidad. Dichas estructuras de investigación deben ser lo suficientemente estables en el tiempo como para que puedan desarrollar un estilo de investigación original, serían ejemplos únicos y, por lo tanto, no intercambiables. Respecto a las promociones de jóvenes investigadores, ciertos organismos les imponen como condición la movilidad. Estas reglas me parecen muy absurdas; malogran cualquier veleidad de afirmación de la propia identidad en un grupo de investigadores originales. De igual manera, en el CNRS, la aplicación de "la ley de los doce años" puede tener consecuencias nefastas, puesto que estipula el relevo del director de laboratorio y la

selección  
móvil  
una  
pasado  
vivir  
podría  
Nobel  
de la  
diciendo  
científico  
embargo  
dentro  
en los

CO  
se trata  
la ciencia  
gimnasio  
nada  
ganando  
de eso  
ralmente  
ra para  
distintos  
dores  
gación  
que  
ejemplos  
promociones  
nen como  
das; malogran  
en un grupo  
la aplicación  
nefastas

\* *Pastorien*

\* Perteneciente al Instituto Pasteur

reorientación de las actividades de investigación al final de este periodo. Las autoridades competentes, que a veces deben enfrentarse a situaciones absurdas, no siempre pueden aplicar las reglas de movilidad que ellas mismas promulgan. Nuestro país sobresale en este juego estéril, que consiste en promulgar leyes que luego se procura eludir. Me parece mucho más razonable evaluar periódicamente, y de forma rigurosa, a cada laboratorio de investigación; y en el caso de que fuera necesario, reorganizar por completo al equipo, o bien cerrarlo. Una evaluación de este tipo significa que los equipos de investigadores no gozan de ningún tipo de protección, y que al cursar su solicitud de renovación del puesto, entran en competencia con los nuevos equipos de jóvenes investigadores que esperan ser creados.

La instauración de una movilidad obligatoria podría significar el fin para las "escuelas" de pensamiento que hasta hoy han marcado profundamente la historia de la ciencia. ¿Acaso la noción de "escuela", símbolo de tradición y estabilidad, se ha convertido súbitamente en obsoleta y sólo representa, en el contexto actual, un factor de inmovilismo? Los investigadores sobresalientes que antes he citado tienen en común el hecho de que supieron sacar partido de un entorno sólidamente impregnado de tradición, a la vez que expresaban plenamente su potencial creativo. Esto no representa una novedad, puesto que la mayoría de los grandes creadores supieron apropiarse las enseñanzas del pasado e inscribirse en una tradición para construir el futuro. Creo que es importante comentar, a partir de algunos casos particulares, el papel impulsor que tuvieron algunas grandes "escuelas" de pensamiento en un pasado no tan lejano. Ya he citado la obra decisiva de William Henry Bragg y de su hijo William Lawrence Bragg quienes, en 1912, demostraron la difracción de los rayos X por los cristales; este descubrimiento les valdría un premio Nobel común en 1915. Seguidamente crearon en Cambridge la escuela inglesa de cristalografía, que marcó un hito en la historia de la biología. William L. Bragg tuvo la intuición de que este descubrimiento de física fundamental permitiría, más tarde, determinar las estructuras de las macromoléculas biológicas, y con este objetivo creó un laboratorio de biología molecular. Seguidamente J. D. Bernal recogió la antorcha. Y fue en

1947, en este entorno privilegiado, cuando Perutz y Kendrew obtuvieron la primera estructura tridimensional de una proteína, la hemoglobina. También en este mismo laboratorio, Watson y Crick descubrieron la doble hélice formada por dos piezas de ácido desoxirribonucleico. Este hallazgo iba a revolucionar nuestras concepciones del mecanismo de la herencia. Más recientemente, John Walker, premio Nobel en 1997, y sus colaboradores, consiguieron resolver uno de los principales enigmas de la biología estructural: la estructura de la ATP sintasa. Esta enzima es la encargada de la síntesis del adenosintrifosfato (ATP), vector universal de energía en todos los seres vivos, y como tal desempeña un importante papel en la energía de las células. Este catalizador —formado por la asociación de dos motores rotativos ensamblados por una barra de unión— representa una de las invenciones más extravagantes de la naturaleza. Por consiguiente, ese laboratorio sigue siendo, en los albores del siglo XXI, uno de los centros mundiales más dinámicos en el campo de la biología estructural. Con frecuencia he escuchado las preocupaciones de mis colegas por el retraso que existía en Francia en este campo, pero no estoy seguro de que los organizadores de la ciencia hayan sabido analizar y extraer las consecuencias del éxito y el progreso de nuestros colegas ingleses: su notoriedad está anclada en la pervivencia de una tradición de casi un siglo de existencia.

Mis padres comentaban lúcidamente los fracasos y los éxitos que habían tenido en su vida científica, y precisaban el papel que tuvieron las "escuelas" en los progresos decisivos de la física nuclear durante los años treinta. Por su parte, ellos no habían sabido extraer las consecuencias conceptuales de una experiencia embrionaria que realizaron en 1931 en el Instituto del Radio. Le tocó a Chadwick, que trabajaba en el laboratorio de Rutherford en Londres, seguir con este experimento y sacar las consecuencias respectivas que lo conducirían al descubrimiento del neutrón. Según mi padre, este hallazgo había sido posible gracias a la genial intuición de Chadwick, y se inscribía en la tradición del prestigioso laboratorio creado en 1907 por Rutherford en Manchester. "El concepto de neutrón rodaba, desde hacía muchos años,



por el laboratorio de Rutherford", decía mi padre. Poco tiempo después de este revés, mis padres iban a descubrir la radiactividad artificial. Mis padres reconocían que este hallazgo, aunque se basaba en un enfoque experimental realmente innovador, se debía en gran medida a la tradición experimental y conceptual de la escuela francesa de radiactividad, creada en París a principios de siglo por Marie Curie. Para citar un ejemplo más contemporáneo, los trabajos de Claude Cohen-Tannoudji, investigador profundamente original, se inscriben en la tradición de una escuela de física cuántica, ilustrada unos decenios antes por los trabajos de Alfred Kastler, también premio Nobel, que desembocaron en la realización de los rayos láser. El extraordinario auge de la biología molecular en Francia en los años de posguerra no surgió de la nada, sino de la larga tradición del Instituto Pasteur en el campo de la microbiología.

En un nivel más modesto, a mí me marcó profundamente el entorno privilegiado que encontré en el Instituto de Biología Físico-química, creado en 1930 por Jean Perrin. Mis trabajos sobre la fotosíntesis se inscriben en una larga tradición de estudio de los procesos fotoquímicos, que Victor Henri había iniciado medio siglo antes. Al consultar los documentos que mi jefe René Wurmser había dejado en su laboratorio, pude evaluar hasta qué punto algunas ideas originales que yo creía mías, en realidad me habían sido comunicadas, en cierto modo por osmosis, por este investigador que en Francia había sido uno de los primeros en aplicar los métodos y conceptos de la física en el estudio de los seres vivos. René Wurmser pronto comprendió que los enfoques físico-químicos no debían limitarse tan sólo al estudio de las propiedades de las moléculas, por más complejas que estas fueran, sino también a las de conjuntos supramoleculares en el ámbito celular o en el de los órganos. Estas concepciones, que en su momento fueron revolucionarias, y que se ubican en la frontera entre la física y la biología, todavía hoy no se aceptan universalmente en esta comunidad que privilegia los enfoques reduccionistas de forma demasiado exclusiva. Dichas concepciones siguen inspirando mi propia acción y la de los investigadores más jóvenes que me han sucedido.

A través de unos cuantos ejemplos concretos he querido mostrar

o que la creatividad y el dinamismo no están necesariamente vinculados o con la movilidad, y que la conservación de las tradiciones puede revelarse como un factor de progreso. Reivindico el derecho de los investigadores a elegir su futuro en función de su entorno. Las únicas restricciones que deben tomarse en consideración deben resultar de la evaluación de su actividad científica y no de normas administrativas. El grado de movilidad que caracteriza a un laboratorio depende en gran medida del perfil psicológico de su responsable. Una fuerte personalidad que imponga de forma autoritaria sus opciones científicas no puede, ni en general, tampoco desea, mantener en torno a ella a un núcleo permanente de investigadores creativos. Tales laboratorios son, a menudo, provechosos espacios de formación para los jóvenes investigadores que pasan un tiempo en estas estructuras. Por el contrario, una estructura de investigación relativamente estable no puede concebirse sin la libertad de los investigadores veteranos para definir su propia línea de investigación y reunir a su alrededor pequeños equipos que gocen de cierta autonomía. Por lo tanto, son los criterios de complementariedad y de coherencia científica los que deben aplicarse a la hora de decidir quién se queda y quién se va del laboratorio, que a su vez debe permanecer como una estructura evolutiva. Tales asociaciones de investigadores son las que deben prevalecer en los laboratorios que practiquen enfoques multidisciplinarios.

La *multidisciplinariedad*, aunque se haya convertido en un concepto de moda, pocas veces se practica. Este enfoque se puede llevar a cabo a través de la colaboración entre diversos laboratorios cuya actividad se ubique en campos científicos diferentes. Otra posibilidad consiste en reunir, en un mismo laboratorio, a varios equipos cuyas capacidades sean diferentes y complementarias al mismo tiempo. Dichos equipos deben disponer de amplia autonomía, y además deben participar en un proyecto común. Estas estructuras de investigación sólo pueden sobrevivir si gozan de una relativa estabilidad. Los investigadores que forman estos equipos, con el objetivo de poder colaborar de forma eficaz, deben preservar una excelente aptitud en su propio campo y a la vez abrirse a otras disciplinas. La adquisición de una cultura de este tipo es un proceso lento y difícil, y estos investiga-

dores no son intercambiables. Si uno de ellos abandona su trabajo, ello representa para el laboratorio una pérdida de memoria y de competencia difícilmente reversible. El laboratorio que he dirigido durante muchos años es un ejemplo de estructura de investigación con un enfoque multidisciplinario. Cuando fue creado, dicho laboratorio se consagraba al estudio del proceso fotosintético, para lo cual sólo empleaba enfoques de tipo biofísico. Jóvenes investigadores de talento, Pierre Bennoun, Francis-André Wollman, Bruce Dinner o Jean Luc Popot, me convencieron en ese momento de que era necesario abordar el estudio del dispositivo fotosintético mediante enfoques cada vez más diversos, combinando la genética, la biología molecular, la bioquímica y la biofísica. Fue gracias a que este grupo de investigadores se mantuvo relativamente estable a lo largo del tiempo, que yo pude mantener la dirección de la multidisciplinariedad. Algunos de ellos, como Bruce Dinner o Jean-Luc Popot, prefirieron dejarnos para crear su propio laboratorio de investigación; otros se quedaron como Francis-André Wollman, que ahora dirige el laboratorio en el que trabajo. Este prosigue la experiencia multidisciplinaria que consiste en dejar una gran libertad de iniciativa a los investigadores respectivos. La fuerte personalidad de mis colaboradores y la diversidad de aptitudes reunidas, me habrían impedido imponer un estilo autoritario.

Cualesquiera que sean las reservas que me inspira la normativa de cambio de destino sistemático del personal de investigación, debo reconocer que cierta forma de movilidad es indispensable para que los investigadores se abran al mundo exterior. Las prácticas posdoctorales o la estancia en laboratorios exteriores para los investigadores de mayor edad, son la forma más eficaz de promover la movilidad. En cambio, no estoy seguro de que el mejor periodo para esos cursos sea al final de la tesis doctoral. Esta regla tácita, que rige en la mayoría de organismos de investigación y universidades, es ahora una condición previa a cualquier selección. Tal política puede resultar nefasta en determinadas situaciones, especialmente cuando se destina demasiado pronto a jóvenes investigadores, sin un nivel de madurez científica, los laboratorios de prestigio. A su regreso a Francia, éstos intentan

reproducir idénticamente lo que han conocido y aprendido durante sus prácticas posdoctorales; y si les ofrecen la oportunidad de ello, forman pequeños equipos que pasan a depender del laboratorio extranjero. Como en general disponen de medios humanos y materiales de calidad inferior a los del laboratorio en el que se han formado, entonces les resulta difícil alcanzar un nivel aceptable de competitividad. Estos laboratorios, que trabajan en los campos que están de moda, pueden publicar sin dificultad en los periódicos científicos con un "elevado índice de impacto" y, de este modo, satisfacer los criterios de evaluación cuantitativa. Sin embargo, en el tejido científico francés, dichos laboratorios no representan auténticos núcleos de innovación. Si las prácticas posdoctorales se realizaran más tarde, los jóvenes investigadores más originales tendrían tiempo de desarrollar su personalidad y, sobre todo, de afirmar su propia línea de investigación. Entonces estarían en medida de sacar un amplio provecho de las aportaciones conceptuales y metodológicas de los laboratorios y de "escuelas de pensamiento" diferentes.

Quisiera no obstante ponderar mi propósito y subrayar que la defensa del derecho a la estabilidad no debe utilizarse para justificar un inmovilismo que, a través del carácter excesivamente estable de los laboratorios, inevitablemente nos conduciría a la esclerosis. Creo que en los grandes institutos puede ser particularmente eficaz la creación de jóvenes equipos con contratos temporales destinados a alimentar más tarde el tejido científico. Se da así la oportunidad de afirmar su propio estilo de investigación a todo un equipo, no sólo a un individuo. Estos equipos jóvenes son un elemento de renovación del conjunto de nuestro dispositivo científico.

Tal como ocurre con los seres vivos, los laboratorios o las escuelas tienen un vida limitada, y corresponde a los responsables de la evaluación ser lo suficientemente cuidadosos y decididos para disolver las estructuras obsoletas. Siempre resulta doloroso elegir entre la necesidad de preservar aquellos sectores de actividad que momentáneamente van a la baja, y la necesidad de renovar los laboratorios y temas de investigación, porque se trata de destruir para construir.



## V. LA COMPETICIÓN Y EL EJERCICIO DEL PODER

ENTRE LOS VALORES clave que nuestra sociedad liberal preconiza se encuentra en un lugar destacado el espíritu de competición, que en el caso específico de la investigación francesa estaría un poco atenuado debido a la existencia de un cuerpo de funcionarios, investigadores y profesores, que tiene el privilegio de poder beneficiarse de un estatuto protegido. Pero ¿la creatividad es indisociable del espíritu de competición? Que yo sepa, los pintores o los músicos no tienen como principal motivación ganar a un rival con algunas pinceladas o con algunas notas más de música. Respecto a los grandes descubridores no creo, por ejemplo, que el deseo apasionado de superar a un rival potencial haya estimulado el genio de Linne. Para Jim Watson, que en su libro *La doble hélice* construye, quizás para provocar, la deprimente imagen de un investigador sin escrúpulos, dispuesto a todo para superar a sus rivales, ¿cuántos grandes creadores, soñadores o poetas de la ciencia no encontrarán ya su lugar en el mundo despiadado que nos preparan los defensores de la competencia a ultranza? Las instancias de evaluación actuales muy probablemente habrían eliminado a una personalidad como Pierre Curie. Me niego a concebir la ciencia, y en particular la investigación fundamental, como una carrera de atletismo en la que la victoria se obtiene apenas por una diferencia de una décima de segundo. Me parece totalmente irrisoria la satisfacción que se puede experimentar al preceder a un equipo rival de algunas semanas. En general, tal situación nos muestra que los nuevos conceptos ya están establecidos y que sólo se trata de perfeccionar un progreso ya adquirido. Además, la competencia entre muchos laboratorios es muy costosa e innecesaria para la sociedad, puesto que el descubrimiento — si lo hay — se realizará en uno de los laboratorios implicados. El combate apasionado que nos conduce a la comprensión de lo desconocido debe ser una motivación más que suficiente, sin que sea necesario.

agregarle la salsa de la competencia, cuyo objetivo solo es satisfacer el ego propio. Solo en el caso de investigaciones aplicadas, en las que entran en juego apuestas económicas a corto plazo, el espíritu de competencia es un factor de estímulo imprescindible. Como es natural, estas investigaciones se inscriben en la lógica de nuestras sociedades liberales.

Se podrían citar muchas de las nefastas consecuencias que el espíritu de competición —considerado el motor del progreso científico— genera en los individuos y la investigación en general. La presión permanente que cuestiona los recursos financieros e incluso la carrera de algunos investigadores, a veces los incita a tener comportamientos opuestos a la ética. Observamos que, a comienzos de un siglo supuestamente marcado por el triunfo de la comunicación, los investigadores dudan cada vez más, en el transcurso de charlas informales, en comunicar sus proyectos y sus fantasmas científicos, en realidad se limitan a los resultados que ya han publicado. Tal autocensura se pone claramente de manifiesto en las reuniones internacionales, y se traduce por una regresión del clima de libre comunicación que yo mismo pude vivir en mi juventud. De este modo, dichas reuniones dejan de ser espacios donde se elaboran y se discuten los nuevos conceptos. Algunos investigadores cometen desvíos éticos más graves, como el rechazo deliberado de citar trabajos anteriores, la apropiación indebida de los resultados ajenos, o la publicación prematura de resultados preliminares, todavía inciertos. El fraude científico es la última forma de estos desvíos éticos, y aunque solo represente un epifenómeno, podría destruir poco a poco a nuestra comunidad.

Con frecuencia, el espíritu de competencia obliga a los individuos, ya sean profesionales liberales del mundo socioeconómico o investigadores, a adoptar ritmos de trabajo insostenibles. Me parece que en el caso específico de la investigación, esto no se puede justificar, ni tomando en cuenta el único criterio de la eficacia. El cansancio no es, de ningún modo, un factor que estimule la creatividad. Siempre me he sentido más "inteligente" y creativo al regresar de mis vacaciones que después de un periodo agotador de trabajo. En fin, no veo en nombre de qué sentido ético ni de qué moral habría que incitar a los individuos

a sacrificar su vida personal y familiar por una religión del trabajo, poniendo así en peligro su salud y su equilibrio psicológico.

En el entorno familiar donde me eduqué, se profesaba un auténtico culto a las vacaciones. No se las consideraba únicamente como un simple periodo de reposo, sino como una ocasión para ejercer otras pasiones distintas a la investigación. Mis padres consagraban, durante el periodo más productivo de su vida científica —y aunque tuvieran que enfrentarse a una rigurosa competitividad internacional—, más de dos meses al año a unas vacaciones realmente activas. Compartían esta pasión de las vacaciones con sus amigos universitarios, y durante estos periodos de descanso se preocupaban solo de la práctica de numerosos deportes, como el esquí, el montañismo, la navegación o el remo, deportes en los que a menudo figuraban como precursores. Mis padres pensaban, precisamente porque la ciencia era para ellos una pasión, que durante las vacaciones era necesario practicar unas verdaderas "curas de desintoxicación". Para mí, las vacaciones representan una ocasión única para cargar las baterías y salir de las rutinas dogmáticas en las que todos caemos, indefectiblemente. Cuando llegué a director de laboratorio quise seguir con esta tradición; intentaba convencer a mis colaboradores de la necesidad de tener periodos de ruptura que les permitieran evadirse, por un tiempo, del mundo a veces opresivo en el que están encerrados.

Una de las consecuencias sociológicas, particularmente nocivas, de la primacía que se concede al espíritu de competencia, es el hecho de no ascender a las mujeres a puestos de responsabilidad. Se puede constatar que cuanto más "competitiva" es una profesión, más disminuye la proporción de mujeres en ella. Sin embargo, nadie se atrevería a justificar dichas desigualdades alegando la ineptitud de las mujeres a ejercer tales funciones. El origen de este desequilibrio se debe buscar, ante todo, en la cultura anacrónica de la mayoría de sociedades, que excluye a las mujeres del ejercicio del poder. El espíritu de competición solo agrava estas desigualdades ya que, al basarse en el deseo de dominar a los otros, persigue de forma exacerbada más reconocimiento y más poder. Las mujeres, quizá por razones culturales, manifiestan menos interés por el poder que los hombres, quienes, por su lado, no



están dispuestos a cederselo. Por otra parte, las mujeres están menos dispuestas a sacrificar su vida personal por su carrera, suponiendo que los hombres les dejarán la opción de hacerlo, cuando todavía hoy están poco dispuestos a colaborar en las tareas familiares. En este asunto no puedo dar ninguna lección, ya que dejé que mi esposa, investigadora en el CNRS, asumiera la mayor parte de las responsabilidades familiares, ciertamente en detrimento de su carrera científica. Por otra parte, es en nombre de la competencia que muchos hombres justifican su rechazo a implicarse en actividades extraprofesionales.

Es preocupante constatar que, en el caso de la investigación pública francesa, menos subyugada que otros sectores a los efectos perversos de una excesiva competitividad, el ascenso de las mujeres es notoriamente insuficiente. En el caso específico de la biología y las ciencias humanas, la proporción de mujeres en los niveles más elevados de la jerarquía sigue siendo muy débil, aunque estén bien representadas en estos sectores científicos. En los años setenta, el refuerzo de la competencia se tradujo por una disminución del ascenso de las mujeres. Se puede demostrar que menos de 15% de los directores de laboratorio del departamento de ciencias de la vida del CNRS son mujeres. El caso de algunas estructuras de prestigio es todavía más preocupante. En el College de France nunca ha habido más de dos mujeres sobre un total de cincuenta profesores en actividad, y hace poco, no había ninguna. Estos pesimos resultados están mejorándose, pero podemos suponer que la proporción de mujeres será todavía inferior a 10% durante varios años. De igual manera, alrededor de 5% de los miembros numerarios y no numerarios de la Academia de las Ciencias son mujeres; esto nos demuestra que no está tan lejos la época en que las candidaturas de Marie Curie e Irène Joliot-Curie, las dos premio Nobel, fueran rechazadas.

El hecho de que una mujer, Marianne Grunberg-Manago, fuera llevada a la presidencia de la Academia de las Ciencias, y que, más recientemente, Nicole Le Douarin fuera elegida secretaria permanente de la misma, nos permite esperar una evolución positiva en este campo. El espacio insuficiente que se reserva a las mujeres no es algo específico de Francia. Con frecuencia, el número de mujeres que ocupan puestos de responsabilidad en la mayoría de los países industrializados,

es inferior al de Francia. Tales estadísticas nos pueden resultar fastidiosas, pero al menos tienen el mérito de poner en evidencia un desequilibrio inaceptable. Resulta particularmente angustioso ver que, en un organismo como el CNRS —que comporta un elevado número de mujeres—, se haya realizado tan pocos progresos en el último medio siglo en lo que respecta a la igualdad de ascensos. Por más loables que sean los esfuerzos de los poderes públicos en este campo, éstos no adquiriran toda su significación hasta que se traduzcan en un incremento del ascenso de las mujeres en todos los niveles de la jerarquía. Solo pueden esperarse progresos al precio de una profunda evolución de las mentalidades, lo cual incluye un reparto más equitativo de las responsabilidades familiares.

De forma general, conviene no seleccionar en prioridad a aquellos que pretenden satisfacer un deseo immoderado de poder. Estoy convencido de que en nuestro oficio, las personalidades más dignas y aptas para asumir responsabilidades son, a menudo, aquellas a quienes nos cuesta trabajo convencer de que acepten esas cargas de trabajo que las alejan de la investigación. Sin duda, una política de este tipo podría favorecer el ascenso de las mujeres en la medida en que, como ya he dicho, ellas son menos avidas de poder y están más motivadas por el interés general. No obstante, el punto esencial es convencer a los mejores investigadores, hombres o mujeres, de que acepten cargos de responsabilidad por un periodo determinado. Sólo a este precio podremos evitar que las decisiones importantes para nuestro futuro sean tomadas por administradores que no hayan tenido nunca contacto con la realidad de la investigación, o que ya lo hayan perdido. Estos periodos de ejercicio de responsabilidades deberían tener una duración limitada para que el investigador pudiera reanudar luego con la práctica de la investigación. Una política así, que obliga a instaurar la rotación de los cargos de responsabilidad y, por consiguiente, la participación de un gran número de investigadores, permitiría evitar la esclerosis y los abusos que afectan a los que se aíslan, poco a poco, en esas torres de marfil que constituyen las estructuras de poder.

## VI. LA INVESTIGACIÓN Y EL CONTEXTO SOCIOLÓGICO

EN FRANCIA, la investigación, en sus aspectos organizativos y de eficacia, se juzga por referencia a la de EUA, que sigue siendo la primera del mundo, tanto en los aspectos cuantitativos como cualitativos. Muchos investigadores franceses, fascinados por esta supremacía que nadie se atreve a poner en duda, tienen la tentación de imitar las estructuras estadounidenses, que se ubican no obstante en un contexto sociocultural completamente distinto. Los países europeos, que individualmente no pueden rivalizar con el gigante americano, tienen sin embargo a su favor una tradición cultural y política que conviene preservar por encima de todo. Frente al triunfo de la libre empresa y al incremento del nuevo sistema feudal que representan las multinacionales, muchos de nuestros compatriotas consideran, por su parte, que el Estado debe seguir teniendo un papel decisivo, más importante que una simple instancia de regulación. Este punto de vista trasciende las controversias políticas de derecha e izquierda, y aunque sea contestado por los defensores de un liberalismo a ultranza, seguirá siendo, y espero que por mucho tiempo, una de las características de nuestro país. La protección social de los individuos es otra tradición nuestra que todavía está vigente, a pesar de que en la actualidad un sector de la población quede fuera de ella. En respuesta a la acusación de "sociedad de beneficiados", pienso que una comunidad cuya única perspectiva es la competencia despiadada, en la cual los "mejores" ganan aplastando a los más débiles y a los menos combativos, no comunica la esperanza de un futuro radiante. Una sociedad que sobrevive creando necesidades artificiales para producir bienes de consumo inútiles, no es susceptible de responder, a largo plazo, a los desafíos que la degradación de nuestro entorno le plantea. Sean cuales fueren nuestras opciones políticas, ponemos en duda los beneficios que se pueden sacar de una mundialización anárquica practicada bajo la ban-



dera de un liberalismo descontrolado. Gracias al hecho de tener conciencia de este estado de cosas, existen algunos focos de resistencia frente a una evolución que hasta hace poco se creía irreversible.

En Francia, E.U.A. y los diferentes países industrializados, las estructuras que organizan la investigación son el fiel reflejo de las diferencias culturales y sociológicas que caracterizan a estos países, y digo esto sin intención de prejuzgar sus valores respectivos. Se trata de contextos sociológicos diferentes que determinan prácticas científicas más complementarias que opuestas. Como estoy convencido de que la riqueza nace de la diversidad, no pretendo establecer ninguna jerarquía entre las distintas modalidades de organización de la ciencia, más bien quiero afirmar que es positivo mantener una amplia diversidad cultural.

La investigación estadounidense se nutre del dinamismo de la competencia encarnizada y de la movilidad geográfica de la gran mayoría de sus investigadores. La proporción de investigadores que se beneficia de un puesto de trabajo estable es baja, y el estatuto de maestro investigador de planta, *tenure*, sólo se obtiene en un estadio avanzado de la carrera. Incluso estos investigadores ven condicionado el desarrollo de su actividad de investigación a la obtención de apoyos económicos, los *grants*, que se conceden mediante una rigurosa selección. Los investigadores dedican entonces gran parte de su actividad a tramitar las solicitudes de subvenciones. Además, están obligados a participar en un gran número de reuniones científicas, nacionales e internacionales, lo cual es indispensable para dar a conocer su trabajo a la comunidad científica. Esta forma de organizar la investigación si bien estimula la actividad de los investigadores, pero hace más difícil que se corran riesgos, ya que estos siempre se acompañan de una baja, incluso temporal, del ritmo de publicación. La National Science Foundation o el National Institute of Health, poderosos organismos gubernamentales que subvencionan la investigación fundamental, son conscientes de este peligro y han decidido reservar una parte de los créditos al financiamiento de proyectos fuera de la norma. Como he señalado antes, la dificultad reside en que los proyectos realmente innovadores corren el riesgo de escapar a la perspicacia de los evaluadores. La ciencia estadounidense utiliza un método más eficaz, que

consiste en importar sistemáticamente a investigadores extranjeros con ideas nuevas. La aplicación de tal política necesita estructuras lo suficientemente flexibles como para permitir que se obtengan rápidamente los recursos humanos y materiales que sean necesarios.

E.U.A. se caracterizan también por el lugar fundamental que ocupa la investigación industrial, cuyos ambiciosos objetivos sobrepasan a menudo el marco de una investigación aplicada a corto plazo para desembocar en una investigación de tendencia cognitiva. Esta auténtica "cultura de la investigación" de las empresas estadounidenses explica también el hecho de que ofrezcan muchas salidas a los estudiantes y doctores formados en los laboratorios universitarios. Los investigadores representan más de 6% del personal de las empresas estadounidenses frente a menos de 3% en Europa.

Por el contrario, la investigación francesa se caracteriza por una proporción importante de investigadores o de funcionarios docentes. Estos adquieren este estatuto cuando son relativamente jóvenes, entre 25 y 35 años generalmente. Los investigadores franceses, que al principio deben enfrentarse a una competencia bastante estricta para ingresar a los organismos de investigación o a la universidad, después pueden beneficiarse de un estatuto de protección si forman parte de los pocos elegidos. Puede verse que, frente a un poderoso dispositivo de investigación pública, los medios humanos y materiales que las empresas privadas francesas consagran a la investigación son realmente insuficientes. Esta falta de interés en la investigación se puede explicar por la forma de selección de los ingenieros que, en su mayoría proceden de las *Grandes écoles*,\* que en nuestro país representan dispositivos de enseñanza muy particulares. La contratación que se efectúa al término de los estudios, limita las posibilidades de contratación de los investigadores formados en los laboratorios de destacados organismos o en la universidad, ya que estos entran al mercado de trabajo más tarde. De forma recíproca, los altos cuadros de la industria que fueron seleccionados desde muy jóvenes, raras veces tienen experiencia en investigación. Esto podría explicar la incomprensión que manifiesta el medio industrial hacia la investigación. Otro factor

\* Instituciones de excelente nivel académico [T.]

que agrava esta situación es la mínima ayuda que las instituciones financieras francesas aportan a la creación de jóvenes empresas innovadoras, las famosas *start up*, a pesar de que éstas representan un terreno de acogida ideal para los investigadores.

Los contextos sociológicos de la investigación francesa y estadounidenses nos muestran sus profundas diferencias, pero ambas modalidades de organización son igualmente impotentes a la hora de gestionar a una población de investigadores que, desde hace 20 años, es prácticamente estacionaria. En el periodo de rápida expansión que siguió a la segunda Guerra Mundial, la necesidad de nuevos investigadores era tal que la competencia, incluso en EUA, era menos despiadada, lo cual dejaba suficientes espacios de libertad a los investigadores creativos que estaban fuera de la norma. Del mismo modo, en países protegidos como el nuestro, el elevado número de jóvenes seleccionados cada año bastaba para dinamizar a nuestra comunidad. El fin castrobrutal del periodo de expansión de la investigación nos revela los defectos inherentes a cada una de las modalidades organizativas de la misma. Las dificultades que deben afrontar todas las naciones para gestionar a una comunidad científica estacionaria, en ningún momento deben conducirnos a adoptar sin reflexión estructuras inadecuadas a las realidades sociológicas de nuestro país. En efecto, se pueden imaginar dos actitudes. La primera consiste en doblegarse a la ideología dominante y alinear nuestro dispositivo de investigación al de EUA y al de la mayoría de los países industrializados. En este caso debemos darnos todos los medios para ir hasta el final del camino, debemos sacudir a fondo nuestras estructuras de investigación. Esto significa que debemos ser suficientemente fuertes como para abatir los numerosos obstáculos que se opondrán a lo que puede parecer una revolución. Si estas oposiciones son o no justificadas, si estas barreras son culturales o sindicales, o si éstas simplemente reflejan la defensa de ciertas ventajas adquiridas, en todo caso la experiencia nos muestra que cuando una comunidad se resiste al cambio, esto muy a menudo acarrea el fracaso de tales políticas. Cualquier intento por imponer, sin consenso, tales revoluciones, provoca los reflejos de autodefensa de la comunidad, entonces que se instala en el inmovilismo.

La segunda posibilidad consiste en sacar provecho de nuestras características específicas para construir y preservar una forma original de organización de la ciencia. Se trata aquí de afirmar sin complejos nuestras diferencias, de intentar sacar de ellas el mejor provecho, a la vez que corregimos ciertos defectos flagrantes de nuestras estructuras de investigación. Los investigadores franceses, gracias al estatuto que los protege, están en el lugar más adecuado para correr aquellos riesgos que podrían favorecer su creatividad. Las fases de baja productividad científica, propias de toda actitud innovadora, no hacen peligrar su empleo, y tampoco repercuten en seguida en el financiamiento de su investigación. Esta libertad excepcional debería permitirles correr los riesgos necesarios para abrir nuevas vías de investigación, y esto en los campos que a menudo se consideran de menor importancia. Además, el hecho de iniciar una carrera-persecución en los campos que están a la moda representa hacer inversiones considerables, mientras que una investigación más innovadora, fuera de los caminos trillados, por lo general es menos costosa.

Las inversiones más importantes en algunos sectores de la ciencia pesada — a menudo esenciales desde un punto de vista estratégico — y de los campos de investigación más competitivos, deberían planificarse en Europa, ya que ésta es la única manera posible de rivalizar con el gigante americano. El sistema francés de investigación debería ser capaz de proporcionar un elevado contingente de investigadores innovadores que pudieran consagrarse completamente a su verdadero oficio de investigador teórico o experimentador. Estamos obligados a constatar que todavía estamos lejos de esta visión idílica. Algunos, so pretexto de acrecentar la competitividad de nuestro dispositivo de investigación, intentan aplicar capas superficiales de pintura liberal sobre un dispositivo de investigación que prácticamente está controlado por el Estado. Tal política solo puede conducirnos a fabricar un monstruo que tendrá los puntos débiles de los dos sistemas. Los investigadores, poco motivados, aunque sean menos numerosos de lo que se dice, estarán protegidos por su estatuto de funcionarios. Por otra parte, a los investigadores originales no se les incitara a aprovecharse de la excepcional oportunidad que se les ofrece — y que muchos de



nuestros colegas extranjeros envidian — que es la posibilidad de correr riesgos científicos. La adopción, cada vez más común, de criterios de evaluación de orden cuantitativo induce a los investigadores a concentrarse en torno a algunos temas de investigación en boga, lo cual constituye un medio eficaz para desviar a los investigadores de talento del planteamiento de cuestiones innovadoras.

La evolución de las condiciones de trabajo de los investigadores es inquietante, porque el tiempo que consagran a la investigación disminuye como la piel de zapa. Entre los jóvenes, esta evolución afecta en primer lugar a los más brillantes y originales, incluso antes de que les sean confiadas las responsabilidades de dirección. Por lo mismo, muchos jóvenes que tienen la responsabilidad de un equipo, solo participan en el esfuerzo de investigación de su oficina, abandonando muy pronto el contacto con la realidad experimental. La situación de los docentes-investigadores todavía es más crítica respecto a las tareas vinculadas a la docencia, y sobre todo a su organización, debido a que éstas son cada vez más pesadas.

Es pues imprescindible que nuestras estructuras evolucionen y que sigamos afirmando nuestra identidad cultural. Sin lugar a dudas, la competitividad de la investigación fundamental francesa podría mejorar siempre y cuando se aumentara la partida de financiamiento por contratos. La elección de los contratantes debería estar determinada, siempre que fuera posible, por una evaluación *a posteriori*, y dichos contratos deberían irrigar todo el sistema de investigación francés y no solo algunos sectores considerados arbitrariamente como prioritarios. En este punto, la investigación fundamental francesa no cuenta con las mismas armas de la investigación estadounidense. En efecto, en EUA existen agencias poderosas, como la National Science Foundation, cuyo objetivo es financiar una investigación fundamental de alto nivel sin necesidad de que esta deba justificarse mediante promesas irrealistas. En cuanto al presupuesto, debemos reconocer que en Francia, el esfuerzo invertido en investigación —y especialmente en investigación fundamental— deja mucho que desear. El presupuesto destinado a investigación representa solo 2.1% del producto nacional bruto, frente a 2.8% en EUA. El actual financiamiento es del todo

insuficiente, y se traduciera necesariamente por una baja de la competitividad de la investigación francesa.

A esto hay que añadir que las condiciones actuales de concesión de contratos son, la mayoría de las veces, escandalosas, sobre todo en Europa. Con el pretexto de favorecer el traspaso de proyectos hacia la investigación industrial, los criterios de selección aplicados son cada vez más impugnables. Hace unos 30 años, la investigación fundamental francesa se acercaba a un equilibrio satisfactorio entre el financiamiento fijo de los grandes organismos de investigación y el financiamiento periódico, sobre la base de contratos, de parte de la Delegación General de Investigación Científica y Técnica (DGRST, por sus siglas en francés). La evaluación que realizaban las comisiones creadas a tal efecto en organismos como el comité nacional del CNRS, que contaban con una representación equilibrada de miembros numerarios y no numerarios, aseguraba la estabilidad del dispositivo de investigación, al amortiguar las brutales oscilaciones de la política científica. Y los comités más elitistas de la DGRST se adaptaban con mayor rapidez a la evolución de la coyuntura científica. Esta dualidad de financiamiento en realidad era complementaria, y permitía compensar los defectos inherentes a cada una de las dos estructuras, por un lado cierto inmovilismo, y por el otro, una tendencia a los deslumbramientos pasajeros.

Una de las principales críticas a la investigación francesa se refiere a la lentitud de los procesos de toma de decisiones. Esta lentitud se debe tanto a una administración demasiado restrictiva como al poco dinamismo de las estructuras de evaluación. Podemos citar, por ejemplo, nuestra incapacidad frente a EUA — que destaca en este aspecto — para seleccionar rápidamente a investigadores extranjeros susceptibles de crear, o bien dinamizar, algunos campos de investigación. Convendría dejar a las instancias de decisión un margen de maniobra suficiente para que pudieran tomar decisiones rápidas en un número limitado de casos. Esto no implicaría en absoluto interferir en el funcionamiento de estructuras como el comité nacional del CNRS, que son de una gran eficacia en muchos campos. La pertinencia de tales decisiones, que sin duda mejorarían la capacidad de reacción de

nuestro dispositivo de investigación, debería ser evaluada *a posteriori* por las instancias normales de evaluación, y comprometería la responsabilidad de sus autores.

De igual manera, resulta indispensable vencer las barreras culturales y sociológicas que separan al mundo de la investigación universitaria del mundo de la industria. Debemos reconocer que en este campo ya se han obtenido progresos significativos gracias a la voluntad de acción de algunos políticos responsables, ya sean de derecha o izquierda. Nos queda, no obstante, un largo camino por recorrer si queremos convencer al mundo de la industria de que su futuro radica, en gran parte, en los medios humanos y materiales que estén dispuestos a **invertir en la investigación**.

En fin, la simplificación de los procedimientos administrativos que en nuestro país son especialmente complicados —debería ser una prioridad absoluta; ésta se podría alcanzar dando mayor confianza a los responsables científicos. Un ejemplo caricaturesco es el que se refiere a la política del Ministerio de Economía y Finanzas, que obliga a los organismos de investigación a la contratación de mercados públicos con las empresas, incluido el material científico menor y los productos químicos. Esto desemboca en una complicación de los procesos administrativos, en la imposibilidad de elegir el producto mejor adaptado, y con tiempos de espera a veces insostenibles. Cuando un mercado se ha agotado, resulta imposible procurarse un determinado material por un periodo de tiempo indeterminado. Paradojicamente, estas prácticas provocan un aumento de los costos, mientras que las negociaciones financieras que se realizan individualmente, en informática por ejemplo, son más positivas que las que se realizan en el seno del organismo en cuestión.

Si bien la contratación en el mercado público parece indispensable en los casos de inversiones importantes, tal política resulta absurda en el caso de gastos menores. La instauración de controles administrativos *a posteriori* debería ser suficiente para evitar que se produjeran desvíos, por lo demás raros en una comunidad totalmente honesta. Podríamos multiplicar los ejemplos de errores de gestión que, a través de las horas de trabajo perdidas por los investigadores, el personal téc-

nico y administrativo, disminuyen, de forma drástica, la rentabilidad de las inversiones aprobadas por la nación a favor de la investigación pública. Por consiguiente, es indispensable la simplificación de los procedimientos administrativos. Para ello, una parte del personal administrativo de las administraciones centrales debería ser transferido a los laboratorios de investigación. Esto permitiría acercar a los investigadores y al personal administrativo, que a menudo dan muestras de una incompreensión recíproca. Además, se evitaría mantener ocupados a los directores de laboratorio en tareas para las cuales no tienen las dotes ni la formación adecuada.

En una sociedad en la cual la noción de eficacia se ha convertido en un valor prioritario, ya sería hora de calcular la rentabilidad del conjunto de actividades que alejan a los investigadores de su verdadera vocación. Las tareas administrativas cada vez más absorbentes, la caza de contratos y la participación en innumerables comités, tienen un costo importante en horas de trabajo, y su rentabilidad debería evaluarse. Actualmente, me parece que dicho costo es muy superior al ahorro y a las ganancias en productividad que deberían generar estas limitaciones impuestas a los investigadores.



## VII. LA INVESTIGACIÓN Y LA UNIVERSIDAD

LA EXISTENCIA DE grandes organismos públicos como el CNRS, el INSERM (Instituto Nacional de la Salud y la Investigación Médica) y el INRA (Instituto Nacional de Investigación Agronómica), constituye una de las características más singulares de la investigación francesa. Son estas estructuras independientes de las universidades, que reagrupan a más de 17 000 investigadores, a los cuales hay que añadir cerca de 27 000 agentes técnicos y administrativos, todos ellos tienen estatuto de funcionarios. Este modo de organizar la investigación difiere del que existe en la mayoría de los países industrializados, en los cuales lo esencial de la investigación cognitiva se practica en las universidades; en éstas, docencia e investigación están íntimamente conectadas. En otros países, las estructuras de investigación no forman parte de la universidad, como es el caso de los institutos Max-Planck en Alemania, pero el efectivo del personal es muy inferior al de nuestros grandes organismos. Dicha singularidad francesa constituye, desde la creación del CNRS, un tema de discordia en el seno de la comunidad científica, tema que las instancias políticas de derecha o izquierda a menudo cambian por otro. Aquí hay que elegir entre alinearse a las normas vigentes en la mayoría de otros países, o bien mantener una estructura original, sobre la cual reposa desde hace medio siglo el dinamismo de la investigación francesa.

Es interesante recordar la historia del primer centro de investigación pública francesa, el Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS). La creación del CNRS es el resultado de los esfuerzos realizados, desde los años treinta, por Jean Perrin y un grupo de prestigiosos investigadores para convencer a los poderes públicos de la necesidad de dotar a la investigación francesa de los recursos humanos y materiales que le permitieran mantener su rango entre las grandes naciones científicas. La creación del Instituto de Biología Físico-Química en

1928, había permitido a Jean Perrin poner a prueba, a lo grande, sus ideas sobre la organización de la investigación francesa. Al agrupar a físicos, químicos y biólogos, este nuevo instituto constituía un ente multidisciplinario totalmente innovador para su época. Paralelamente al apoyo material de las investigaciones, la fundación Rothschild financiaba a los investigadores de tiempo completo que, junto con otros docentes, se agrupaban en pequeños laboratorios de investigación en los cuales gozaban de amplia autonomía científica. Varios directores se hacían cargo de la dirección del Instituto, con lo cual se optaba deliberadamente por un poder compartido en la toma de decisiones científicas. Jean Perrin, en un texto que trata de la organización de la investigación científica, recuerda la génesis del proyecto que daría lugar a la creación del CNRS. Jean Perrin y sus colegas, codirectores del Instituto de Biología Físico-Química, elaboraron un proyecto en el cual se proponían generalizar los principios que habían experimentado en el Instituto, al conjunto de la investigación francesa en su totalidad.

Además, propusieron la creación de un servicio nacional de investigación. Dicho proyecto ya preveía la creación de cuatro tipos de investigadores, dotados de un estatuto de contratados del Estado, las remuneraciones de los cuales serían alineadas con las del personal, de niveles equivalentes, de la enseñanza universitaria. Jean Perrin, al alinear las carreras de los investigadores con las de los docentes, esperaba favorecer los intercambios entre las dos comunidades. Desafortunadamente, debemos constatar que la mayoría de investigadores destinados a los grandes organismos como el CNRS, no desea ser transferida hacia la docencia ni la industria. Esto se ha visto agravado por el hecho de que en 1984 los investigadores consiguieron su estatuto de funcionarios. Jean Perrin proponía también la creación de un consejo superior de la investigación, dividido en secciones que correspondían a las diferentes disciplinas científicas. Dicho consejo debía agrupar a un conjunto de personalidades eminentes, numerarios y no numerarios, a los cuales se añadirían los representantes delegados de los jóvenes investigadores. Este consejo se encargaba de elegir a los jóvenes investigadores, decidir las promociones de nivel, y distribuir

los recursos materiales indispensables en el ejercicio de una investigación moderna y competitiva. Tal estructura, que se había propuesto en 1933, rompía deliberadamente con las tradiciones de capillas que prevalecían entonces en la universidad francesa; y además, prefiguraba el comité nacional de investigación que se constituyó al crear el CNRS. Es importante subrayar que este proyecto fue defendido apasionadamente por importantes responsables universitarios, como Charles Maurain, entonces decano de la Facultad de Ciencias de París. Jean Perrin y Charles Maurain consiguieron convencer al director de enseñanza universitaria de esa época, Jacques Cavalier, de que aceptara, como ha recordado Jean Perrin, "no solo no combatir ese proyecto, sino defenderlo tal como estaba". A Jean Perrin lo apoyó la mayoría de los investigadores prestigiados de su época, de todas las disciplinas científicas sin distinción, entre los cuales hay que citar a Marie Curie, que participó directamente en las negociaciones con los poderes públicos. Se tuvo que esperar a 1935 para ver cómo se concretaban estos esfuerzos con la creación de la Caja Nacional de las Ciencias. En 1936, el primer gobierno del Frente Popular, presidido por Léon Blum, crea por primera vez en Francia una subsecretaría para la investigación científica, de la cual Irene Joliot-Curie fue la primera titular. Conviene recordar que entonces las mujeres no tenían todavía derecho a voto, y que la nominación de cuatro mujeres como secretarías de Estado representaba en esa época una auténtica revolución. Mi madre aceptó ese cargo con muchas reticencias, y al final cedió a las presiones amistosas de Jean Perrin con la promesa de que este la sustituiría poco tiempo después. Seguro que fue por el carácter altamente simbólico de esta nueva función — que afirmaba tanto el lugar eminente que el nuevo gobierno quería conceder a las mujeres, como la importancia que este reservaba a la investigación en la sociedad — que mi madre se decidió a aceptarla, aunque ella no hubiera manifestado jamás gusto alguno por el ejercicio del poder.

Son múltiples las motivaciones que incitaron a estos investigadores, todos ellos miembros de la enseñanza universitaria, a proponer la creación de estructuras de investigación independientes de la universidad. Las estructuras de la universidad francesa en esa época eran man-



darinatos; el titular de una cátedra tenía un poder absoluto y a veces lo utilizaba sin tener una clara conciencia de lo que hacía. Los recursos humanos y materiales consagrados a la investigación eran miseros, de manera que los profesores más dinámicos se veían en la imposibilidad de desarrollar laboratorios dignos de este nombre. Los universitarios que participaron en la creación del CNRS se habían dado cuenta de que la universidad difícilmente se comprometía, y con retraso, con las nuevas vías abiertas por las sucesivas revoluciones que han marcado periódicamente la ciencia y la práctica de la investigación desde el final del siglo XIX. En fin, la experiencia personal de estos investigadores de talento les había enseñado que las pesadas cargas que se añadían a la práctica de la docencia, no les permitían consagrar suficiente tiempo a la investigación, en particular en los campos más competitivos de la ciencia. Si bien ellos estaban convencidos de que docencia e investigación eran indisociables, también consideraban que era indispensable la creación de un cuerpo de investigadores de tiempo completo, para responder a las nuevas necesidades que imponía la rápida expansión de la investigación. En la medida de lo posible, investigadores de tiempo completo y universitarios debían trabajar, en estrecha sinergia, en el seno de los mismos laboratorios.

Es incontestable que la Caja Nacional de las Ciencias primero, y luego el CNRS en 1939, permitieron el surgimiento de nuevos campos de investigación que la universidad no tomaría en cuenta hasta más tarde. Podemos citar como ejemplo las dificultades que existían en los años cincuenta para obligar a la universidad a crear las enseñanzas modernas de biología molecular y celular. El reverso de la medalla consistió en hacer menos competitiva a la universidad francesa, y menos atractivo el trabajo docente, lo que originó que muchos estudiantes se presentaran en prioridad a los concursos de selección de los grandes organismos de investigación. De ahí todavía hoy resultan algunas frustraciones de parte de los profesores, quienes tienen una sobrecarga de trabajo debida a sus funciones docentes, y más todavía, a las innumerables tareas organizativas de les incumbe. Los profesores no tienen las mismas armas que los investigadores, quienes pueden hacer progresar rápidamente su investigación. Este sentimiento de

injusticia está reforzado por el hecho de que los docentes son evaluados básicamente a partir de sus trabajos de investigación, mientras que deberían ser juzgados, ante todo, por la calidad de sus enseñanzas. Es indispensable concederles de nuevo a los docentes el estatuto de prestigio al cual tienen derecho, ya que en sus manos está la formación de los futuros investigadores, o sea, el futuro de la investigación. La práctica de la docencia, como la práctica de la investigación, deben vivirse como una pasión, no como una rutina. Cualquier intento por establecer una jerarquía de valores entre investigación y docencia solo puede conducirnos a devaluar injustamente una de las dos actividades. En este campo, el hecho de orientar sistemáticamente a los investigadores que se consideran improductivos hacia la enseñanza universitaria, es una política absurda. Este es el medio más seguro para devaluar el oficio de docente. Además, un investigador mediocre tiene muy pocas posibilidades de impartir una enseñanza de calidad, no más que un mal profesor de convertirse *a priori* en un buen investigador. Si bien resulta indispensable que un número más elevado de investigadores *seniors*, formados en los grandes organismos, se dirija hacia la enseñanza universitaria, esta opción debe efectuarse con base en criterios positivos, es decir, con base en su propia capacidad y motivación, y no después de constatar un fallo.

Desde la época de Jean Perrin se han realizado muchos progresos en las universidades francesas. Éstas a veces son víctimas de una tradición de igualitarismo excesivo que obliga a cada una de ellas a entrar a un molde común. Por otra parte, la ausencia total de selección a la hora de entrar a las universidades, lo cual asegura una igualdad de oportunidades para todos, resulta inoperante en este campo, a la vez que es un importante obstáculo operativo. Esta limitación deja la vía libre a las *Grandes écoles*, quienes por el contrario practican una selección hasta los límites de lo absurdo. Cualquier selección llevada a los extremos se convierte necesariamente en normativa, excluyendo así a un gran número de inteligencias originales que a menudo no entran en el molde que les imponen.

¿Dónde estamos hoy, a más de 60 años de la creación del CNRS? La excepción francesa en este campo es cuestionada periódicamente por

algunos científicos y políticos, de derecha o izquierda. Algunos incluso proponen la supresión de los grandes organismos o, como mínimo, su conversión en agencias de recursos sin gestión directa sobre el personal, siguiendo el modelo de la National Science Foundation de EUA. Estas posturas me parecen irrealistas e irresponsables, y esto, sea cual fuere el fundamento de las críticas a nuestras estructuras de investigación. El problema no consiste en saber si la creación de los grandes organismos ha debilitado a las universidades francesas, sino más bien en tomar en cuenta la realidad actual. Las universidades francesas no están preparadas técnica ni culturalmente, para integrar a los casi 17 000 investigadores de los grandes organismos. Además, me parece que las motivaciones que, en otro tiempo, habían llevado a Jean Perrin y a sus colegas a proponer la creación de un cuerpo de investigadores de tiempo completo, son hoy en día más actuales que nunca. Ya he insistido bastante sobre los efectos perversos de la disminución del tiempo disponible para la práctica de la investigación, debido a las múltiples tareas que acosan a los docentes e investigadores. Tal situación no es específica de Francia: nuestros colegas extranjeros también son directamente vapuleados por esta evolución, que **limita cada vez más sus capacidades de investigación.**

Una política razonable consistiría en trabajar por una mejor integración de la investigación universitaria y la de los grandes organismos, más que en destruir un instrumento eficaz — cuya necesidad quizás harán suya otros países — atizando posibles conflictos entre docentes e investigadores. Los laboratorios de investigación, ya dependan de la universidad, de los grandes organismos o de ambos, deberían comportar obligatoriamente una combinación de docentes e investigadores. En este caso se podría vislumbrar algún tipo de división del trabajo. Los investigadores podrían responsabilizarse de aquellas tareas de interés general que fueran indispensables a la supervivencia del departamento, por ejemplo, conseguir financiamiento por contratos. De igual modo, los investigadores deberían asumir, en prioridad, la participación en las numerosas estructuras de evaluación de la investigación, que tanto tiempo consume. Entonces sería posible ofrecerles a los docentes integrados en los mismos departamentos, las condiciones

de trabajo necesarias para la realización de una actividad de investigación personal. La presencia de docentes en un equipo de investigación es un factor de enriquecimiento, puesto que la preparación de las enseñanzas **representa una apertura hacia campos disciplinarios más amplios** que los de una investigación que, en esencia, es especializada. La cohesión de estos departamentos mixtos se debe reforzar mediante una participación significativa de los investigadores en las tareas de enseñanza. Tal participación no debe limitarse a la asesoría de doctorandos, de la que se ocupan los investigadores. Al contrario, esta debería tomar diversas formas, como la tutoría y la acogida de estudiantes para los periodos de prácticas de iniciación a la investigación, la responsabilización en la enseñanza y de los trabajos dirigidos integrados en los **módulos de enseñanza, en todos los niveles del curso universitario.**

Aunque ya existan bastantes departamentos mixtos de investigación que asocian los grandes organismos a la universidad, el reparto **de las poblaciones de docentes e investigadores en el seno de estos departamentos** es todavía muy heterogéneo. Muchos departamentos, auspiciados por los grandes organismos, cuentan con muy pocos docentes, o bien no cuentan con ninguno. De igual manera, muchos departamentos universitarios no pueden contar con la presencia suficiente de investigadores permanentes. En este campo la evolución está bloqueada por muchas barreras administrativas o psicológicas. Así, es muy difícil que un departamento no universitario, que ya no incluya varios docentes-investigadores, tenga acceso a la selección de profesores. Es el caso del departamento que he dirigido durante 30 años, que acoge a un solo docente que pertenece a la universidad. Una política voluntarista llevada a cabo conjuntamente por los responsables universitarios y por los de los grandes organismos es la única capaz de vencer las complejidades sociológicas que bloquean una mejor colaboración entre las dos comunidades.



## VIII. LA FUNCIÓN DEL EXPERTO

El ESTADIO del investigador en nuestras sociedades modernas ha evolucionado profundamente a lo largo del siglo XX, a raíz del impacto creciente de los progresos científicos y tecnológicos sobre el mundo que nos rodea. El conocimiento se ha convertido, en todos los ámbitos sociales, en una cuestión de poder, y al investigador se le confieren nuevas responsabilidades, a veces contra su propia voluntad. Ya no puede contentarse con permanecer encerrado en la torre de marfil de su laboratorio; tiene la obligación de presentar la información, de la forma más honesta y fiable, tanto a los responsables del mundo político y económico como a la ciudadanía en general. Es indispensable comprender los grandes desafíos tecnológicos y científicos para que cada ciudadano pueda participar, a través del sufragio universal, en las decisiones que a todos nos incumben. El hecho de que los científicos tengan responsabilidades particulares en lo relativo a la comunicación del conocimiento, no justifica que aquellos que poseen el conocimiento — o creen poseerlo — se apropien del poder a expensas de los ciudadanos — supuestamente masas ignorantes —. El hecho de delegar el poder de decisión a una elite, irresponsable aunque competente, sería la herida de muerte de la democracia.

Los investigadores deben saber que tienen las mismas responsabilidades cuando comunican el conocimiento a través de los medios de comunicación, o cuando asumen el papel del experto ante las instancias de decisión. Esta función de comunicación hacia el exterior obliga a los investigadores a adoptar, en los planos ético y técnico, un comportamiento distinto al que tienen en la práctica de su investigación. He defendido con firmeza el derecho imprescriptible de los investigadores a disponer de un máximo de libertad en cuanto a la elección y gestión de su investigación. El investigador, sobre todo en lo que a investigación fundamental se refiere, debe tener la libertad de

hacer experimentos arriesgados y de defender teorías revolucionarias, incluso paradójicas. En una palabra, debe disponer del derecho al error. Esta cultura de libertad, que genera la creatividad, debe sustituirse por una cultura de la responsabilidad cuando el investigador comunica al mundo exterior. Si el investigador asume su papel de experto, entonces debe salir del microcosmos en el que a veces está encerrado y, sobre todo, no intentar "vender" su propio campo de investigación. La función de experto debe ejercerse de manera colegiada, en el seno de los comités que agrupan a científicos de competencias y sensibilidades diferentes, quienes, en la medida de lo posible, deben tender hacia posiciones consensuadas. Paradojicamente, he observado que los mejores especialistas, esto es los más competentes a nivel técnico, no son los mejores expertos en el campo que han elegido. Así, yo ejerzo las funciones de experto con más objetividad en aquellos campos en que no estoy directamente implado y más alejados de mi competencia. El experto debe, ante todo, hacer prueba de sentido común en lugar de imponer sus puntos de vista personales, por más originales que sean. En ningún caso la función del experto debe ser utilizada para satisfacer las necesidades de financiamiento de su propia investigación. La declaración que a menudo se oye frente a un responsable "dénme dinero y les aportaré una respuesta a sus preguntas", resulta *a priori* sospechosa, aunque a veces tenga su justificación. En la prensa se nos muestra, a menudo, que se invierte el desempeño del experto y del investigador. Algunos de los nuestros muestran una gran prudencia cuando se saben juzgados por sus pares, pero manifiestan una excesiva seguridad frente a los que no son especialistas. En este campo, la presión de los medios de comunicación puede hacernos cometer errores. Una afirmación concluyente, incluso poco razonada, siempre tendrá mayor repercusión en los medios que una postura más mitigada, ya que expresa la ausencia de certidumbre. El discurso que más fácilmente impacta es el que sobrestima o, al contrario, subestima, las consecuencias de un nuevo desastre potencial. El "sabio que no sabe" es una especie impopular y poco creíble, pues la honestidad intelectual puede pasar por incompetencia.

Durante el corto periodo de mi vida en que ejercí las responsabi-

dades de consejero de Investigación y Tecnología ante el primer ministro, tuve que hacer frente a declaraciones perentorias y contradictorias que hacían más difícil y aleatorio el tomar una decisión. Además, en muchos campos, las sistemáticas pesquisas judiciales que amenazan a los expertos en caso de cometer errores de apreciación, convierten este cargo tan necesario en un oficio de alto riesgo, y resulta más eficaz defender sistemáticamente las tesis más alarmistas. Tal actitud permite golpear a la opinión pública sin desgastarse uno mismo. Además, no se corre ningún riesgo, porque las previsiones alarmistas se olvidan pronto cuando se puede comprobar que son equivocadas. Los responsables políticos, ante el cúmulo de catástrofes que se anuncian, ya no están a la altura de realizar opciones estratégicas razonadas.

Hace unos diez años apareció un nuevo concepto, el de precaución, que trastorna por completo las condiciones de ejercicio de la función de experto. Dicho concepto define la posición del experto como la obligación a proyectarse hacia el futuro más allá de lo que le permiten los conocimientos del momento y su propia competencia. El principio de precaución representa una saludable toma de conciencia por parte de los políticos, de los peligros potenciales que están vinculados al desarrollo de las nuevas tecnologías. De todos modos, se hace necesaria una reflexión para evitar que una aplicación a ultranza de este principio frene o interrumpa el progreso científico y tecnológico. Se trata aquí de un desafío importante, ya que tal evolución sería contraria al objetivo perseguido, y nos dejaría indefensos frente a futuros retos o nuevas calamidades. Nuestra impotencia ante el SIDA es el resultado de la insuficiencia de nuestros conocimientos en biología fundamental y en medicina, así como del subdesarrollo económico y tecnológico de los países más afectados. Una de las principales justificaciones de la investigación fundamental es permitir que la sociedad reaccione rápidamente ante los nuevos peligros, que lleve "una guerra" de avance.

A pesar de la percepción cada vez más catastrofista de las consecuencias de los progresos en materia de conocimiento, el impacto positivo de la ciencia es evidente, sobre todo en los países industrial-



zados, en los cuales se observa desde la revolución industrial, una mejora considerable de las condiciones de vida de sus ciudadanos. Un indicador fiable de estos progresos es el aumento progresivo del promedio de vida, junto con una impresionante disminución de la mortalidad infantil. En las sociedades más desarrolladas, la disminución progresiva del tiempo de trabajo y, todavía más, la supresión del trabajo de los niños, es una consecuencia directa del progreso tecnológico. El balance en los países pobres es mucho menos favorable, pero todo el mundo coincide en pensar que los progresos de la ciencia y la tecnología, asociados a un mejor reparto de las riquezas mundiales, permitirán hacer frente a los colosales desafíos que plantea el desarrollo de los países más pobres. Tarde o temprano deberán tomarse decisiones, sopesando por un lado los perjuicios medioambientales, reales o potenciales, de algunos progresos tecnológicos, y por otro, las consecuencias, especialmente graves para la salud, de una política que podría llevarnos al subdesarrollo económico. Debemos, pues, aprender a establecer una jerarquía entre los daños potenciales que constituyen una amenaza para nosotros. La aplicación demagógica y no razonada del principio de precaución puede conducirnos, por ejemplo, a detener una campaña de vacunación con el pretexto de que tan solo se evitaría un riesgo estadísticamente bajo o inexistente, y provocar, en consecuencia, un aumento de la mortalidad infantil.

Los movimientos políticos "ecologistas" combaten con mayor firmeza los riesgos potenciales vinculados a las nuevas tecnologías — como la energía nuclear o los organismos genéticamente modificados — que los perjuicios, ya probados, resultantes de actividades agrícolas e industriales más tradicionales. El ejemplo de la política energética en los países industrializados es particularmente significativo. Frente a las amenazas que pesan sobre el planeta debido al efecto invernadero — aumento permanente de la concentración de gas carbónico — y a los efectos de contaminaciones de todo tipo sobre nuestra salud, es probable que paguemos muy caro haber escogido el lema "toda energía es fósil", que caracteriza a la actual política mundial en materia energética. Esta opción nos viene dictada por la coyuntura que los grandes grupos industriales —principalmente en el sector del

petróleo, del automóvil y del transporte por carretera — y la política de los movimientos ecologistas. Una afirmación de este tipo puede causar extrañeza, porque soy consciente del valiente combate que libran los ecologistas a favor de economizar energía, por ejemplo, en lo que respecta a transportar por ferrocarril parte del tráfico por carretera, que es un gran consumidor de energía fósil. De todas formas, la oposición violenta de los ecologistas contra la energía nuclear puede privarnos de la única fuente de energía alternativa actualmente disponible. Las energías renovables, lejos de ser actualmente competitivas — suponiendo que algún día lleguen a serlo — no están en medida de satisfacer las necesidades energéticas de las sociedades desarrolladas o en vías de desarrollo. A pesar de las advertencias de los climatólogos, se prevé para los próximos 20 años un aumento, en lugar de una disminución, del gas carbónico y de otros agentes contaminantes en la atmósfera. Los E.U.A., que son responsables de emitir una cuarta parte de los gases de efecto invernadero del planeta, se oponen, no obstante, a cualquier medida que limite el consumo de combustibles fósiles, y esto para no poner en peligro su sacrosanto crecimiento. La única respuesta que dan a estos problemas angustiosos es la comercialización de los "permisos de contaminación", un principio inmoral gracias al cual esperan poder seguir aplicando con toda impunidad una política energética escandalosa. Además, se trata de un error en el plano económico, ya que el desarrollo de actividades industriales vinculadas, en mayor o menor medida al medio ambiente, puede constituir una mina de actividades nuevas, susceptibles de estimular el crecimiento.

La energía nuclear por una parte, y los transportes públicos por otra, representan una opción económicamente viable. La amalgama entre las centrales nucleares de los antiguos países del este, que representan un importante peligro ambiental, y las otras más seguras del resto de países industrializados, alimenta un terror irracional que bloquea el desarrollo de la única energía alternativa actualmente disponible.

La tarea más difícil que incumbe a los políticos es tener que tomar una decisión frente a lo desconocido. Sin embargo, ninguna opción tecnológica es inocente, e incluso las políticas que tienden a reforzar la seguridad, también pueden generar catástrofes a largo plazo.

Actualmente se observa un incremento de actitudes irracionales, y a veces el surgimiento de un nuevo oscurantismo, en especial en lo que concierne a los problemas medio ambientales y de salud pública. Las actitudes políticas demagógicas, que los medios de comunicación amplifican, no hacen más que alimentar este extravío. Éstas se traducen como una pérdida de confianza en la ciencia y en el progreso tecnológico y como una justificada desconfianza hacia una sociedad cuya razón de ser radica únicamente en el provecho inmediato. Toca a los científicos probar su responsabilidad, e intentar la restauración de una imagen de la ciencia que ellos mismos han dejado degradar poco a poco.

Si bien estoy convencido de que el principio de precaución es uno de los mayores progresos de finales del siglo pasado, este enfoque, que hoy se centra únicamente en la aprehensión de los peligros venideros, no debería esconder los otros peligros reales a los que ya estamos enfrentados. La utopía de una sociedad sin riesgos, ya se trate del riesgo individual o del riesgo colectivo, nos conduciría necesariamente a un mundo sin futuro, y a largo plazo, a un mundo amenazado de desaparición.

## IX. ELOGIO DE LA DIVERSIDAD

TODA IDEA DE CERTEZA ya se refiera a la ciencia misma o a su forma de organización, contradice en esencia la filosofía de la investigación. El hecho de querer imponer de forma exclusiva una determinada concepción de la investigación, incluso la que yo mismo defendiendo en estas páginas, limitara sin duda la aptitud de la ciencia a adaptarse a un futuro que nadie está en medida de prever. Es fundamental preservar el máximo de diversidad y flexibilidad en la manera de organizar la investigación, evitando por ejemplo, dictar reglas y principios generales que siempre resultan inadecuados en muchos casos específicos. La investigación debe ser considerada, ante todo, como una colección de casos particulares que deben suscitar otras tantas soluciones originales y, por lo mismo, no generalizables. Toda instancia encargada de la organización de la investigación debe aceptar el desorden, incluso a veces provocarlo, pero sobre todo debe aprender a gestionarlo. Es esta una práctica que no se aprende en ninguna escuela de gestión, y por esto mismo los investigadores, aunque sean malos gestores en los aspectos técnicos, deben tener la última palabra en los grandes organismos de investigación.

En primer lugar la diversidad en la ciencia se manifiesta por la multitud de disciplinas y subdisciplinas que la constituyen. ¿Que hay en común —en el campo de las ideas, de las técnicas o de la organización de la investigación— entre la física de altas energías y la física de la "materia blanda"? Una se interesa por la naturaleza de las interacciones entre partículas elementales que movilizan energías fabulosas, la otra se interesa en las propiedades de los conjuntos moleculares complejos que están sometidos a un juego de interacciones, cuyas energías son un millón de mil millones de veces más débiles. Ya se trate de la práctica experimental o teórica, de la talla óptima de los equipos o de los medios técnico-financieros, estas disciplinas no tienen nada en



común. ¿Debemos concluir que estas dos formas de actividad son antinómicas y que una de ellas debe desaparecer? Aunque sienta más afinidad por la investigación en física "ligera", que esta más cerca de los individuos, estoy convencido de que la investigación en física de altas energías, con sus medios técnicos particularmente costosos, no debe abandonarse. Esta física, que explora los nuevos estados de la materia, nos ayuda a comprender mejor el origen del universo al acercarnos al instante del "big bang". No obstante, a diferencia de la física "ligera", las inversiones colosales que se necesitan requieren un planteamiento a escala supranacional o incluso mundial. Actualmente se observa otras disparidades casi comparables en el caso de la biología, que durante mucho tiempo fue considerada una ciencia poco costosa. En muchos campos, ésta pone en práctica técnicas cada vez más complejas. Ya pasó el tiempo en que los especialistas en biología molecular sentaban las bases de su disciplina observando el desarrollo de colonias bacterianas en las cajas de cristal de Petri. Hoy asistimos al surgimiento de nuevas disciplinas que nos exigen enfoques sistemáticos y repetitivos que requieren importantes medios humanos y materiales. El desciframiento del genoma de especies cada vez más numerosas —bacterias, vida vegetal, animales o en el hombre mismo— nos proporciona un ejemplo de esta nueva biología. Por debajo de estas investigaciones que, en última instancia nos permitan conocer la estructura básica del conjunto de proteínas y ácidos nucleicos del mundo vivo, se ubica la biología estructural, cuyo objeto es determinar la estructura tridimensional de las macromoléculas. Las técnicas de física pesada, como la resonancia magnética nuclear o el sincrotron (acelerador de partículas) resultan indispensables para el estudio de las estructuras moleculares. Las recientes polémicas en torno a la realización del sincrotron soviético nos muestran que la biología no está a resguardo de las controversias sobre la disyuntiva entre ciencia pesada y ciencia ligera, que han marcado el mundo de la física.

La prioridad concedida al desarrollo de la biología estructural, incluso si en parte está justificada, puede llevarnos a cometer un considerable error estratégico. Esta pretende deducir las propiedades funcionales de los seres vivos a partir del simple conocimiento de la

estructura de las macromoléculas, enfoque que es erróneo desde el momento en que intentamos comprender la función de una macromolécula aislada. Se revela absurdo cuando nos interesamos en los conjuntos supramoleculares que contienen un gran número de moléculas o, *a fortiori*, en los organitos intracelulares o en los órganos. Estos conjuntos complejos, fuera de todo equilibrio termodinámico, asocian de manera sutil orden y desorden. El citoplasma de una célula, por ejemplo, no es un conjunto de moléculas repartidas de forma aleatoria en el saco de la membrana que constituiría la célula. Al contrario, se trata de un conjunto muy bien organizado sometido a sutiles regulaciones. Ninguno de los métodos clásicos de la biología estructural se presta al análisis de estructuras tan complejas y en permanente evolución, su estudio supone dejar libre curso a la imaginación para llevar a cabo una gran variedad de enfoques técnicos originales. Muchas veces, el investigador deberá aplicar un enfoque opuesto al estructuralista clásico, al intentar reconstituir la estructura de estos conjuntos complejos a partir de sus propiedades funcionales.

Aunque los enfoques difieran profundamente, sería absurdo oponer biología estructural y biología funcional. El conocimiento de la estructura de las macromoléculas es una de las bases indispensables, pero ella sola no basta para comprender los mecanismos de la materia viva.

Me referiré como último ejemplo al caso de las ciencias medio ambientales. En principio hay que subrayar que, aunque la historia del hombre se remonta a más de un millón de años, hace tan sólo medio siglo que el hombre, debido a la explosión demográfica y al desarrollo industrial, está en medida de trastornar de forma significativa los grandes equilibrios que rigen la biosfera. Los científicos tienen el deber de evaluar las consecuencias de estas perturbaciones, a mediano y largo plazos, y de participar en la elaboración de soluciones aceptables en el plano económico para paliar los peligros potenciales que nos amenazan. Tal toma de conciencia es reciente, y las ciencias medio ambientales están lejos de haber alcanzado una madurez comparable a la de otros sectores de la ciencia. La experiencia que he adquirido, primero al presidir el comité científico consagrado al estu-

dio de las consecuencias de las lluvias ácidas en los bosques franceses (programa DEFORPA), y luego, el comité científico del programa interdisciplinario sobre el medio ambiente, del CNRS, me han convencido de que ninguna de las recetas tomadas en prestamo de otros campos científicos se puede transportar al caso específico de las ciencias medio ambientales. Aunque se trate de una investigación por objetivos, que se esfuerza en aportar respuestas a aquellos aspectos esenciales para el futuro del planeta, es tanto lo que todavía queda por conocer, que aspectos enteros de esta nueva disciplina deben dejar libre curso a la imaginación y a la creatividad. Muchos aspectos de esta nueva disciplina no se prestan, pues, a una programación rigurosa. Los investigadores deben tomar en cuenta un gran número de parámetros para poder cuantificar conjuntos tan complejos como la atmósfera, los océanos, la biosfera o las sociedades humanas. Todos estos conjuntos crean entre sí interacciones sutiles, lo cual hace difícil, y a veces deja fuera de nuestro alcance, el prever las consecuencias sobre el medio ambiente de la evolución de uno o varios de estos parámetros. Para terminar, las escalas de tiempo, propias de las variaciones del medio ambiente, se expresan muy a menudo en decenios o en siglos. Dichas escalas temporales, y la magnitud de los sistemas estudiados, hacen imposible la aplicación de un enfoque tradicional que estudie los efectos de las perturbaciones que se introducen deliberadamente. Las ciencias medio ambientales comparten con otros sectores de la ciencia, por ejemplo la astrofísica, la imposibilidad de operar idas y vueltas entre la elaboración de modelos explicativos y enfoques experimentales. La simple medición de los parámetros ambientales, aunada al esfuerzo de darles forma matemática, cuya validez solo podrá ser verificada a largo término, es a menudo el único paso posible.

La característica más destacable de las ciencias del medio ambiente es su capacidad de agrupar en torno a una misma problemática todas las disciplinas científicas, desde las ciencias humanas hasta las matemáticas, pasando por las ciencias de la vida, la física, la química y las ciencias de la Tierra. En general, el desarrollo de investigaciones pluridisciplinarias, concepto que se está imponiendo en la mayoría de las disciplinas científicas, se ve frenado por la compartimentación temáti-

ca que caracteriza a los organismos de investigación y a las universidades. Además, los investigadores cuya competencia se limita más a menudo a un campo disciplinario reducido, están separados por barreras de orden cultural y técnico. La organización y la coordinación de las investigaciones sobre el medio ambiente son todavía más difíciles debido a la multiplicidad excepcional de los campos disciplinarios que están en juego. El hecho de conseguir que en un mismo proyecto colaboren sociólogos, economistas y juristas, junto con físicos, químicos y biólogos, es una auténtica hazaña, y presupone el esfuerzo de los investigadores implicados por abrir su mente, algo que no siempre están dispuestos a hacer. Para poder responder a las esperanzas de la sociedad, se deben imaginar soluciones diferentes de aquellas que las disciplinas tradicionales han encontrado. Por ejemplo, se puede prever la creación de grandes institutos destinados al estudio del medio ambiente en los cuales trabajen, en estrecha sinergia, investigadores de muchas disciplinas. O al contrario, a través de estructuras de concertación originales, se puede coordinar el trabajo de equipos dispersos geográficamente, a la vez que permanecen integrados en su propio entorno disciplinario. Aunque mis preferencias se inclinan por esta última solución, no debe eliminarse ningún modelo *a priori*. En todos los casos, la investigación del medio ambiente deberá permitir el surgimiento de un nuevo tipo de investigadores, con competitividad de primera línea en sus campos de elección, con una cultura general y una apertura de mente suficientes para establecer un diálogo constructivo con los investigadores de otros campos disciplinarios más alejados al suyo.

A la diversidad de disciplinas científicas y a la variedad de formas de aproximación que las caracterizan, debe corresponder una diversidad equivalente de los investigadores y de las estructuras en las cuales trabajan. Cualquier intento de definir una norma, por ejemplo en lo que respecta la selección de los investigadores, constituye, indetectablemente, un factor de empobrecimiento. Los investigadores deben hallarse en la forma debida para desarrollar su propio estilo de investigación, en armonía con la disciplina de su elección, y deben disponer de la libertad más completa posible. La única barrera que no deben



sobrepasar es el respeto de las reglas éticas definidas por la comunidad científica nacional e internacional.

Hoy en día, sería algo excepcional que una investigación moderna fuera realizada por individuos aislados. La formación de equipos de un número muy variable de investigadores y agentes técnicos se va imponiendo en la mayoría de los campos científicos. La noción de equipo, en particular en lo que a investigación fundamental se refiere, de ningún modo implica que no pueda manifestarse la propia personalidad. Como un equipo agrupa a individuos que no son intercambiables, cada quien debe ser libre de afirmar y preservar su estilo de investigación. Con frecuencia, el trabajo en equipo genera conflictos que ponen de manifiesto las contradicciones entre el interés individual y el colectivo, y presupone que sus miembros se deben mutuo respeto y el reconocimiento implícito a las contribuciones de cada uno. Las investigaciones pluridisciplinarias, que agrupan a investigadores y personal técnico de diferentes competencias, facilitan la constitución de equipos solidarios, en la medida en que cada uno depende de la competencia de los otros. En este punto tampoco se debe imponer ninguna norma. Se han logrado éxitos importantes en equipos organizados alrededor de fuertes personalidades, que impulsan de manera autoritaria el trabajo de todo el grupo. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la función del jefe de equipo parece más bien la de un director de orquesta, que debe dejar que los talentos individuales se expresen libremente.

La adecuación entre la personalidad y las dotes de un investigador, y su campo de investigación, es el factor crucial que determina el éxito o el fracaso de una carrera. El momento más importante de la vida de un investigador es aquel en el que opta por el campo al cual va a consagrarse. Esta elección se hace, a menudo, con base en convicciones poco fundamentadas, a veces ingenuas, que prejuzgan el supuesto interés de tal campo científico. Me gustaría convencer a los jóvenes investigadores de que todos los campos de investigación son apasionantes. Lo importante es que elijan bien el campo científico en el que puedan expresar mejor sus dotes y su personalidad. Ante las dificultades de selección, los futuros investigadores están a menudo obligados

a aceptar la primera propuesta que les hacen, convirtiendo de este modo en ilusoria la posibilidad de elegir. La organización de prácticas de corta duración en diferentes laboratorios, a partir de la maestría o el posgrado, debería permitir a los candidatos a investigadores —y a los directores de equipo— reducir los errores de orientación, las consecuencias de los cuales serían nefastas para toda su carrera. A través del estilo de investigación que el director de equipo impone a su laboratorio, las afinidades que pueden existir entre él y un joven investigador, me parece que son uno de los criterios esenciales de la elección del entorno científico de aquel. Algunos investigadores podrán expresar su originalidad sólo en un entorno que les deje un máximo de libertad e iniciativa, mientras otros, menos dispuestos a tomar riesgos, preferirán un contexto en que se les dirija. La manera de llevar un laboratorio constituye uno de los ejemplos de atención a la diversidad, porque ésta puede y debe expresarse más libremente. El conjunto de funciones que teóricamente debería asumir un director de laboratorio, sobrepasa ampliamente las posibilidades de un individuo, por muy dotado que sea. Además de asumir la dirección científica de su equipo, un director de laboratorio está a la cabeza de una pequeña empresa cuyo presupuesto de base puede ser mayor a varios millones de francos al año y cuya gestión es cada vez más difícil debido a la complejidad de los procedimientos administrativos. Una de sus principales misiones consiste en obtener los medios humanos y financieros necesarios para el mantenimiento de su grupo. El papel del director también consiste en asumir la comunicación con la comunidad científica. Debe participar en la difusión de los resultados obtenidos en su equipo, y prestar atención permanente a los progresos científicos más recientes, en su campo o en campos afines. En fin, un director debe realizar una actividad personal de investigación, condición indispensable para no perder el contacto con la realidad cotidiana de su oficio. Ante tal multiplicidad de tareas —alguna habrá que no pueda asumir— cada director debe además ser libre de escoger el estilo de dirección que mejor convenga a su personalidad y a sus dotes. Sería una tarea vana definir y reglamentar la buena dirección de un laboratorio. Este deseo de homogeneización de los comportamientos se concreta en la organización de



periodos de prácticas, impartidas por oficinas especializadas —que cobran muy bien por sus servicios—, en los cuales deben participar los nuevos directores. Si bien una formación en el campo de la gestión financiera puede ser realmente útil, estos periodos de prácticas pueden resultar perjudiciales cuando se quiere dar recetas sobre la “gestión de los recursos humanos”. Los pretendidos especialistas que imparten estos cursos no conocen ni el medio científico ni la práctica de la investigación. Este tipo de actuación se parece a la que ya practican comúnmente en el sector privado los mismos especialistas de relaciones humanas, quienes pretenden definir los criterios de selección enseñando a los candidatos las respuestas que deben dar con el fin de ser seleccionados. Estos métodos ayudan a que cada cual esconda su verdadera personalidad tras una actitud estereotipada; redundan en un empobrecimiento de las relaciones humanas y, a fin de cuentas, en una pérdida de eficacia debido al enmascaramiento de las personalidades.

## X. CONCLUSIÓN

ALGUNOS PENSARÁN que he defendido en este trabajo una visión de la investigación demasiado anclada en el pasado y en la tradición. Soy consciente de que a veces he insistido un poco más de la cuenta al señalar mi rechazo a un pensamiento único que, bajo la máscara del modernismo, en realidad pretende hacer tabla rasa del pasado.

En los albores de un nuevo siglo, el hecho de seguir esforzándose por hacer una investigación realmente innovadora, me parece más que nunca de actualidad. Si bien el científicismo a secas de principios del siglo XX ahora nos hace sonreír, el actual incremento de lo irracional y del oscurantismo me parece un peligro mucho mayor. Sólo la mejor comprensión del mundo que nos rodea permitirá que respondamos a las preguntas y angustias de todos los hombres. De igual manera, el progreso tecnológico —vinculado con el del conocimiento de forma indisoluble— es una condición necesaria, aunque insuficiente, para responder a dos problemas fundamentales que se plantean a la humanidad: la miseria de la mayor parte de la población mundial y la salvaguarda del medio ambiente.

Estoy convencido de que la investigación, entendida como un espacio de libertad y de creación, tiene ante ella días felices. Pero también es necesario que todas las generaciones de investigadores se opongan a una evolución que los aleja de su verdadera vocación de creadores. La investigación debe seguir siendo un terreno de juego y aventura, en el cual pueda expresarse el gusto por el riesgo y la rebeldía. El lema: “¡Investigadores de todos los países, únense!”, me parece de gran actualidad, puesto que ninguna nación está a resguardo de los despropósitos que causan la gangrena de la investigación.

Los conceptos clave competitividad, movilidad, rentabilidad; arsenal del perfecto administrador de la investigación, deberían ponderarse,



y así ofrecer a los investigadores otras perspectivas más respetuosas de sus vocaciones y la personalidad individual.

Intentare transferir a la ciencia la noción de biodiversidad, tan querida por los ecologistas. Las formas de organización de la investigación deben adaptarse a la realidad del mundo moderno y respetar la diversidad de las culturas y de las disciplinas científicas, así como la personalidad de sus actores. Si bien no es posible predecir el lugar que el futuro le reserva a una investigación basada en la expresión de la creatividad individual, reivindico, al menos para algunos —en nombre de la defensa de las especies en vías de extinción—, el derecho a seguir ejerciendo nuestro oficio con pasión, preservando los valores sobre los que se han fundamentado, hasta ahora, los progresos de la ciencia.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	9
I. La investigación fundamental y la investigación aplicada ..	17
II. La evaluación .....	33
III. La información .....	43
IV. La movilidad .....	55
V. La competición y el ejercicio del poder .....	65
VI. La investigación y el contexto sociológico .....	71
VII. La investigación y la universidad .....	81
VIII. La función del experto .....	89
IX. Elogio de la diversidad .....	95
X. Conclusión .....	103

Este libro se terminó de imprimir y encuadernar  
en el mes de julio de 2004 en los talleres  
de Impresora y Encuadernadora Progreso, S. A.  
(IEPASA), calzada de San Lorenzo 244, 09830  
México, D. F.

Se tiraron 2 000 ejemplares

Tipografía y formación:  
Gerardo Camargo López,  
del Taller de Composición  
del Fondo de Cultura Económica,  
con Times New Roman de 11:13  
puntos de pica

Estuvo al cuidado de la edición:  
Marco Antonio Pulido

Coordinación editorial  
María del Carmen Fariás R.